



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE SUCRE  
ESCUELA DE CIENCIAS  
POSTGRADO DE BIOLOGÍA APLICADA

HONGOS FITOPATÓGENOS CAUSANTES DEL RÁPIDO DETERIORO  
HORTOFRUTÍCOLA EN EL MERCADO MUNICIPAL DE CUMANÁ, ESTADO  
SUCRE, VENEZUELA  
(Modalidad: Tesis de Grado)

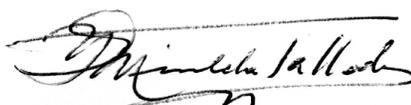
LCDA. FANNY DEL VALLE MEDINA MAGO

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OPTAR AL TÍTULO DE MAGISTER SCIENTIARUM EN BIOLOGÍA  
APLICADA MENCIÓN: BOTÁNICA APLICADA

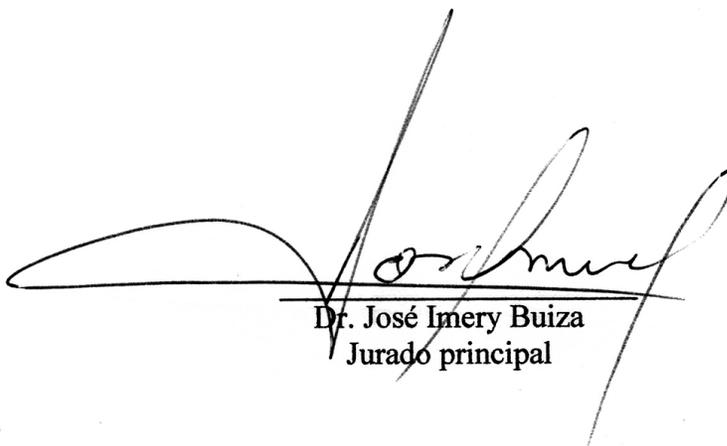
CUMANÁ, 2017

HONGOS FITOPATÓGENOS CAUSANTES DEL RÁPIDO DETERIORO  
HORTOFRUTÍCOLA EN EL MERCADO MUNICIPAL DE CUMANÁ, ESTADO  
SUCRE, VENEZUELA

APROBADO POR:



M.Sc. Isabel Mimbela de Loroño  
Asesora



Dr. José Imery Buiza  
Jurado principal



Dra. María Claudia Sánchez  
Jurado principal

# ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA .....	I
AGRADECIMIENTOS .....	II
LISTA DE TABLAS .....	III
LISTA DE FIGURAS.....	IV
RESUMEN .....	VII
INTRODUCCIÓN.....	1
METODOLOGÍA.....	10
1.- Toma de muestras.....	10
2.- Efecto de las condiciones de almacenamiento de las frutas y hortalizas en los distintos puntos de venta .....	10
2.1.- Porcentaje de pudriciones.....	11
2.2.- Porcentaje de pérdida de masa .....	11
3.- Aislamiento de hongos fitopatógenos .....	12
4.- Cultivos puros de hongos fitopatógenos .....	13
5.- Caracterización fenotípica e identificación taxonómica de los hongos fitopatógenos.....	13
6.- Pruebas de patogenicidad .....	14
7.- Efecto <i>in vitro</i> de la presión osmótica.....	15
8.- Efectividad de los agentes químicos de desinfección post-compra empleados por los consumidores .....	16
9.- Análisis estadísticos .....	17
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	19
1.- Efecto de las condiciones de almacenamiento de las frutas y hortalizas en los distintos puntos de venta .....	31
1.1.- Porcentaje de pudriciones de las frutas y hortalizas.....	31
1.2.- Porcentaje de pérdida de masa de las frutas y hortalizas .....	42
2.- Caracterización fenotípica, identificación taxonómica de los hongos fitopatógenos y pruebas de patogenicidad.....	49
2.1.- <i>Aspergillus niger</i> .....	49
2.1.1.- Clasificación taxonómica .....	49
2.1.2.- Características .....	50
2.1.2.1.- Macroscópicas .....	50
2.1.2.2.- Microscópicas .....	50
2.1.3.- Pruebas de patogenicidad.....	51
2.2.- <i>Penicillium digitatum</i> .....	53

2.2.1.- Clasificación taxonómica .....	53
2.2.2.- Características .....	53
2.2.2.1.- Macroscópicas .....	53
2.2.2.2.- Microscópicas .....	54
2.2.3.- Pruebas de patogenicidad .....	54
2.3.- <i>Aspergillus flavus</i> .....	56
2.3.1.- Clasificación taxonómica .....	56
2.3.2.- Características .....	56
2.3.2.1.- Macroscópicas .....	56
2.3.2.2.- Microscópicas .....	57
2.3.3.- Pruebas de patogenicidad .....	57
2.4.- <i>Penicillium</i> sp. 1 .....	59
2.4.1.- Clasificación taxonómica .....	59
2.4.2.- Características .....	60
2.4.2.1.- Macroscópicas .....	60
2.4.2.2.- Microscópicas .....	60
2.4.3.- Pruebas de patogenicidad .....	61
2.5.- <i>Botrytis cinerea</i> .....	62
2.5.1.- Clasificación taxonómica .....	62
2.5.2.- Características .....	62
2.5.2.1.- Macroscópicas .....	62
2.5.2.2.- Microscópicas .....	64
2.5.3.- Pruebas de patogenicidad .....	65
2.6.- <i>Penicillium</i> sp. 2 .....	69
2.6.1.- Clasificación taxonómica .....	69
2.6.2.- Características .....	70
2.6.2.1.- Macroscópicas .....	70
2.6.2.2.- Microscópicas .....	70
2.6.3.- Pruebas de patogenicidad .....	71
3.- Efecto <i>in vitro</i> de la presión osmótica .....	74
4.- Efectividad de los agentes químicos de desinfección post-compra empleados por los consumidores .....	76
CONCLUSIONES .....	80
RECOMENDACIONES .....	82
BIBLIOGRAFÍA .....	83
APÉNDICES .....	98
HOJAS DE METADATOS .....	111

## **DEDICATORIA**

Con todo mi amor a:

La memoria de mi abuela Rita de Mago, quien siempre estará en mi corazón, por toda su sabiduría, comprensión y sobre todo por su amor y apoyo en cada una de las etapas de mi vida.

La memoria de mi tía abuela Alicia Chacón, quien me enseñó que se debe luchar por alcanzar cada una de las metas a pesar de las adversidades que se presenten en el camino.

La memoria de mi padre de crianza, Henry Salas, quien me brindó su amor y apoyo incondicional en todo momento.

Mi madre y padre, Nancy Mago, quien con su infinito amor, dedicación, comprensión, apoyo y cuidados, me ha permitido ser la persona que soy. Eres mi ejemplo a seguir, ya que me demuestras día a día que con disciplina y esfuerzo se puede alcanzar no sólo la excelencia académica, sino profesional y personal.

Mi abuelo (Enrique Mago), hermana (Yanny Medina), tío (Richard Mago) y primos (as), por estar conmigo en todo momento.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar a Dios, por guiar mis pasos y darme la fortaleza necesaria para alcanzar todos mis sueños.

A la Profa. Isabel Mimbela de Loroño por su apoyo intelectual, paciencia, comprensión, colaboración, amistad y cariño, durante todo el desarrollo de mi tesis de pregrado y de maestría.

A los profesores Rosa Martínez, Sara Centeno y José Imery por su asesoramiento y ayuda incondicional en la realización de este trabajo.

A mis profesores por su apoyo e impulso, en especial a las profesoras María Balza y Rosanna Valerio, por su amistad y consejos brindados.

A mis amigos y compañeros: Mariela Narváez, Rosmarí Marcano, Norma Alcalá, Elena Marcano, Ayhieska Liscano, Noris García, Rogert Velásquez, Víctor Franco, Saraí Acuña y Patricia Velásquez, por su apoyo, cariño y palabras de aliento que me permitieron mantener la fe en cada actividad realizada en esta investigación.

Y a todas aquellas personas que de alguna u otra forma me apoyaron en la realización del trabajo.

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
1. Frutas más vendidas por los expendedores entrevistados en los distintos establecimientos del Mercado Municipal de Cumaná y frecuentemente compradas por los consumidores encuestados. ....	21
2. Hortalizas más vendidas por los expendedores entrevistados en los distintos establecimientos del Mercado Municipal de Cumaná y frecuentemente compradas por los consumidores encuestados. ....	23
3. Frutas que se dañan con mayor facilidad en los puntos de venta del Mercado Municipal de Cumaná y durante el periodo post-compra. ....	25
4. Hortalizas que se dañan con mayor facilidad en los puntos de venta del Mercado Municipal de Cumaná y durante el periodo post-compra. ....	26
5. Hongos fitopatógenos aislados de las ejemplares sanos y enfermos de cambur, guayaba y duraznos comercializados en el Mercado Municipal de Cumaná. ....	73

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1. Procedencia de las frutas y hortalizas comercializadas por los vendedores encuestados en sus establecimientos.....	20
2. Porcentaje de pudriciones de las frutas y hortalizas almacenadas a temperatura ambiente (28-30°C) .....	31
3. Estado inicial de los ejemplares de frutas y hortalizas almacenados a temperatura ambiente (28-30°C) .....	32
4. Estado de ejemplares de frutas y hortalizas almacenados a temperatura ambiente (28-30°C) transcurrido los 15 días de incubación.....	34
5. Efecto del material de las cajas sobre el porcentaje de pudriciones de las frutas y hortalizas almacenadas a temperatura ambiente (28-30°C) .....	38
6. Estado de las cajas de plástico durante el almacenamiento a temperatura ambiente (28-30°C) de las frutas y hortalizas.....	38
7. Cajas de cartón empleadas para el almacenamiento a temperatura ambiente (28-30°C) de las frutas y hortalizas.....	39
8. Efecto del lavado de la superficie de las frutas y hortalizas almacenadas a temperatura ambiente (28-30°C) sobre el porcentaje de pudriciones .....	40
9. Efecto del tiempo de incubación (en días) sobre el porcentaje de pudriciones de las frutas y hortalizas almacenadas a temperatura ambiente (28-30°C) .....	42
10. Porcentaje de pérdida de masa de las frutas y hortalizas almacenadas a temperatura ambiente (28-30°C) .....	43
11. Efecto del material de las cajas sobre el porcentaje de pérdida de masa de las frutas y hortalizas almacenadas a temperatura ambiente (28-30°C) .....	45
12. Efecto del lavado de la superficie de las frutas y hortalizas almacenadas a temperatura ambiente (28-30°C) sobre el porcentaje de pérdida de masa.....	47
13. Efecto del tiempo de incubación (en días) sobre el porcentaje de pérdida de masa de las frutas y hortalizas almacenadas a temperatura ambiente (28-30°C) .....	48
14. Colonia de <i>Aspergillus niger</i> .....	50
15. <i>Aspergillus niger</i> .....	51
16. Desarrollo de los síntomas de la enfermedad y los signos de <i>Aspergillus niger</i> en los ejemplares de cambur .....	52
17. Desarrollo de los síntomas de la enfermedad causada por <i>Aspergillus niger</i> en los ejemplares de durazno .....	52
18. Colonia de <i>Penicillium digitatum</i> .....	53

19.	Conidióforos de <i>Penicillium digitatum</i> .....	54
20.	Desarrollo de los síntomas de la enfermedad y los signos de <i>Penicillium digitatum</i> en los ejemplares de durazno .....	55
21.	Colonia de <i>Aspergillus flavus</i> .....	56
22.	Conidióforos de <i>Aspergillus flavus</i> .....	57
23.	Desarrollo de los síntomas de la enfermedad y los signos de <i>Aspergillus flavus</i> en los ejemplares de cambur .....	58
24.	Desarrollo de los síntomas de la enfermedad y los signos de <i>Aspergillus flavus</i> en los ejemplares de durazno .....	58
25.	Colonia de <i>Penicillium</i> sp. 1 .....	61
26.	<i>Penicillium</i> sp. 1 .....	61
27.	Colonia de <i>Botrytis cinerea</i> .....	63
28.	<i>Botrytis cinerea</i> .....	64
29.	Desarrollo de los síntomas de la enfermedad y los signos de <i>Botrytis cinerea</i> en los ejemplares de cambur .....	65
30.	Desarrollo de los síntomas de la enfermedad y los signos de <i>Botrytis cinerea</i> en los ejemplares de durazno .....	66
31.	Desarrollo de los síntomas de la enfermedad y los signos de <i>Botrytis cinerea</i> en los ejemplares de guayaba .....	67
32.	Signos de <i>Botrytis cinerea</i> en los ejemplares de cambur, durazno y guayaba senescentes o contaminados con otra especie de hongos fitopatógenos .....	68
33.	Colonia de <i>Penicillium</i> sp. 2 .....	70
34.	Conidióforos de <i>Penicillium</i> sp. 2 .....	71
35.	Desarrollo de los síntomas de la enfermedad y los signos de <i>Penicillium</i> sp. 2 en los ejemplares de cambur .....	72
36.	Efecto <i>in vitro</i> de la presión osmótica sobre el crecimiento micelial (cm <sup>2</sup> ) de <i>Aspergillus flavus</i> (A), <i>Penicillium digitatum</i> (B), <i>Aspergillus niger</i> (C) y <i>Botrytis cinerea</i> (D) .....	74
37.	Cepas de <i>Aspergillus flavus</i> (A), <i>Penicillium digitatum</i> (B), <i>Aspergillus niger</i> (C) y <i>Botrytis cinerea</i> (D) en PDA modificado con 0, 0,34, 0,68 y 1,02 M de NaCl a los ocho días de incubación a temperatura ambiente (28-30°C) .....	75
38.	Cepas de <i>Aspergillus flavus</i> tratadas con los agentes químicos de desinfección a los seis días de incubación a temperatura ambiente (28-30°C) .....	77
39.	Cepas de <i>Penicillium digitatum</i> tratadas con los agentes químicos de	

	desinfección a los seis días de incubación a temperatura ambiente (28-30°C).....	77
40.	Cepas de <i>Aspergillus niger</i> tratadas con los agentes químicos de desinfección a los seis días de incubación a temperatura ambiente (28-30°C).....	77
41.	Cepas de <i>Botrytis cinerea</i> tratadas con los agentes químicos de desinfección a los seis días de incubación a temperatura ambiente (28-30°C).....	78

## RESUMEN

Se evaluaron los hongos que causan el rápido deterioro hortofrutícola en el Mercado Municipal de Cumaná. Ejemplares sanos lavados o no de cambur, durazno, guayaba, pimentón, tomate y zanahoria fueron almacenados en cajas de cartón o plástico durante 5, 8, 12 y 15 días para analizar el efecto de las condiciones de almacenamiento sobre el desarrollo *in vivo* de dichas enfermedades. Se aislaron, describieron e identificaron los patógenos encontrados en las frutas, se les realizó pruebas de patogenicidad y evaluó el efecto de la presión osmótica y la efectividad de los agentes químicos de desinfección post-compra empleados por los consumidores. Entre los 12 a 15 días se observó el mayor índice de pudrición en los vegetales en cajas de plástico; mientras que la mayor pérdida de masa se obtuvo en aquellos mantenidos en cajas de cartón. El lavado superficial muestra diferencias estadísticamente no significativas sobre estas variables en los vegetales evaluados, exceptuando el tomate, donde los ejemplares lavados registraron el mayor número de pudriciones en comparación con los almacenados sin lavar. Se aisló y comprobó la patogenicidad de: *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *Penicillium digitatum*, *P. sp. 1*, *P. sp. 2* y *Botrytis cinerea*. La reducción de la actividad de agua no afectó el crecimiento micelial de *A. flavus*, *P. digitatum*, *A. niger* y *B. cinerea*. El bicarbonato de sodio (0,75; 1,5 y 3%) permitió la inhibición total de *A. niger* y parcial de *B. cinerea*; mientras que la concentración comercial de hipoclorito de sodio (4,25%) fue el único agente capaz de inhibir el crecimiento de *A. flavus*. Las cepas de *P. digitatum* son resistentes a los agentes químicos de desinfección empleados en este estudio a temperatura ambiente. Los resultados evidencian que las condiciones de almacenamiento influyen directamente sobre la vida útil e inocuidad de los rubros hortofrutícolas, las cuales los hacen más vulnerables al ataque de patógenos fúngicos.

## INTRODUCCIÓN

A pesar de los avances tecnológicos e innovaciones, la agricultura sigue supeditada a las condiciones edáficas, ambientales y climatológicas para su desarrollo, lo que implica importantes fluctuaciones en la producción agraria, su carácter perecedero y estacional, así como particulares exigencias para su almacenamiento, transporte y comercialización. Estos rasgos son especialmente visibles en el sector de las frutas y hortalizas frescas (Anido *et al.*, 2010).

En las últimas décadas, la producción de frutas y hortalizas se ha intensificado considerablemente como resultado de las nuevas pautas de la economía internacional (caracterizada por la globalización de los mercados y el desarrollo tecnológico), los cambios en los patrones de consumo, así como la manera como se desarrolla la competencia entre los distintos actores involucrados (Macías, 2010). De esta forma, la superficie cosechada de estos vegetales es la que más ha crecido en los últimos treinta años a nivel mundial, alcanzando una tasa de crecimiento promedio anual (TCA) de 2,33% entre 1980 y 2009, cuando la superficie agrícola mundial lo hizo en 0,64% (FAO-FAOSTAT, 2010). Con ello, en 2009 las frutas y hortalizas ocuparon 8,5% de la superficie agrícola mundial, cuando en 1980 su participación era de 5,2% (FAO-FAOSTAT, 2010).

En materia de comercio internacional, la evolución de la hortofruticultura es todavía más evidente. Las exportaciones han crecido 6,6% como promedio anual entre 1980 y 2007, de manera que en este último año representaron 17,2% de todas las exportaciones agropecuarias, cuando en 1980 el porcentaje era de 11,5% (FAO-FAOSTAT, 2010).

La importancia de incluir las frutas y hortalizas en la alimentación diaria se basa fundamentalmente en sus propiedades y aportes nutricionales, debido a que son alimentos bajos en calorías, grasas y sodio, y buenas fuentes de fibra, folato, potasio, etc. Su consumo puede incrementar la capacidad antioxidante del organismo debido a la

presencia de las vitaminas C y E, los carotenoides ( $\beta$ -caroteno o provitamina A) y licopeno, compuestos fenólicos y fitosteroles (Prior y Cao, 2000; Pszczola, 2001; Nnebue *et al.*, 2013). Además de sus aportes nutrimentales, evidencias procedentes de la medicina alternativa y la herbolaria, de estudios epidemiológicos, de experimentos con dietas controladas en humanos y animales de laboratorio y con cultivo de células, han mostrado que existe una fuerte asociación entre el consumo aumentado de este tipo de alimento y la disminución del riesgo de adquirir diversos tipos de cáncer, trastornos cardiovasculares, diabetes, algunas enfermedades neurológicas y otras alteraciones de la salud (Beecher, 1998; Pelayo, 2003).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda consumir, aproximadamente, 400 g por día de frutas y hortalizas o su equivalente a 146 kg por persona al año, con el propósito de aprovechar sus propiedades para beneficio de la salud integral de la población (Albornoz *et al.*, 2009). Sin embargo, a pesar de la disponibilidad de una gran variedad de vegetales de producción propia o comercial a bajo costo y alta calidad, su ingesta en la mayoría de las sociedades no alcanza los niveles recomendados, por lo que la OMS y la Organización para la Alimentación y la Agricultura de Naciones Unidas (FAO) lanzaron en 2003 una campaña internacional para promover su consumo, indicando que la porción adecuada para cada persona depende del sexo, la edad, peso y tipo de actividad (Albornoz *et al.*, 2009).

Las frutas y hortalizas son alimentos perecederos que mantienen su metabolismo activo durante la fase de almacenamiento, por lo que las enfermedades pueden afectar la calidad de los mismos durante la época posterior a la cosecha. Estos vegetales, como todos los seres vivos, respiran y como dependen de sus propias reservas energéticas (azúcares), sufren un desgaste, que si no se maneja puede causar el rápido deterioro del producto. Su respiración se ve acelerada por altas temperaturas, el oxígeno y el dióxido de carbono presente en la atmósfera, presencia de etileno, daños mecánicos, daños por hongos, tipos de tejidos (tejidos jóvenes respiran más que los adultos), entre otros factores (FAO, 2007; Chukwuka *et al.*, 2010; Contreras, 2010; García *et al.*, 2011).

La fisiología post-cosecha es la ciencia que estudia los procesos, cambios o comportamientos que presenta una fruta o una hortaliza después de cosechada o retirada de la planta madre, por esta razón es de especial interés el conocimiento de aspectos relacionados con la vida de estos productos en las etapas posteriores a la cosecha, la cual depende de la manipulación en estado fresco como la cosecha misma, selección, clasificación, empaque, transporte, exhibición en el punto de venta, etc. (López, 2000; Flórez *et al.*, 2009; Zakaria *et al.*, 2012).

Las enfermedades post-cosecha de los productos agrícolas provocan el deterioro de los mismos antes de ser consumidos o procesados. Las frutas y hortalizas frescas son generalmente las más susceptibles a este deterioro, lo cual puede deberse a cambios fisiológicos como la senescencia y la maduración; daños físico-mecánicos causados por magulladuras por roce, compresión, o impacto; daño químico y descomposición por microorganismos, los cuales en sentido estricto son considerados causas patológicas (Muñoz, 2008; Guédez *et al.*, 2010).

Las pérdidas por causas patológicas pueden ser de naturaleza cualitativa o cuantitativa. Las de naturaleza cualitativa típicamente son el resultado de enfermedades localizadas superficialmente sobre el producto, lo cual lo hace menos atractivo aun cuando no exista destrucción real del tejido aprovechable. Estas enfermedades son particularmente importantes en frutas y hortalizas de exportación, en las cuales se enfatiza la calidad visual y aún daños pequeños pueden tornar al producto inaceptable en el mercado (Garduño, 2011).

Por su parte, las pérdidas cuantitativas son el resultado de la destrucción rápida y extensiva de tejido en toda la anatomía del producto, causado por los microorganismos. En estos casos generalmente ocurre una infección inicial (o primaria) por uno o más patógenos específicos del producto, seguido por la masiva infección secundaria de una amplia gama de microorganismos oportunistas que son débilmente patogénicos pero que se reproducen en el tejido muerto o moribundo resultante de la infección primaria. Estos

invasores secundarios juegan un papel importante en el deterioro al multiplicarse y aumentar el daño causado por el (los) patógeno(s) primario(s) (Garduño, 2011).

Los productos vegetales son susceptibles al ataque por patógenos después de su recolección debido, fundamentalmente, a la pérdida de la resistencia intrínseca que los protege durante el desarrollo en la planta y a su alto contenido en agua y nutrientes. Los patógenos más importantes que causan pérdidas post-cosecha de frutas y hortalizas son normalmente las bacterias y los hongos; sin embargo, algunos roedores e insectos pueden contribuir a las pérdidas directamente al causar daño mecánico e indirectamente transmitiendo y creando vías de entrada para los patógenos (Muñoz, 2008).

Se estima que, a nivel mundial, las pérdidas post-cosecha de frutas y hortalizas causadas por microorganismos, son del orden de 5-25% en países desarrollados y 20-50% en países en desarrollo. La diferencia en la magnitud del daño de ambos escenarios obedece a que en los países desarrollados prevalecen condiciones ambientales de temperatura y humedad menos favorables para la ocurrencia de daños, tienen mayor disponibilidad de recursos tecnológicos y económicos para prevenir las pérdidas post-cosecha y los mercados son más exigentes (Chales *et al.*, 1994; López, 2000; Rodríguez *et al.*, 2002; Garduño, 2011).

Los hongos fitopatógenos son los principales agentes bióticos que causan alteraciones post-cosecha y problemas de calidad relacionados con el aspecto, valor nutricional, características organolépticas y conservación de frutas y hortalizas (Agrios, 2005).

Los hongos constituyen un amplio grupo de organismos eucariotas de nutrición heterótrofa que ocupa la mayor parte de los hábitats terrestres (Femenía, 2007). La mayoría de las más de 100 000 especies conocidas de hongos son saprófitas estrictas, es decir, viven sobre una matriz de tejido orgánico muerto al que ayudan a descomponerse (Salazar, 2012). Muchos de ellos son macroscópicos y algunos también comestibles.

Aproximadamente el 10% del total de especies de hongos conocidas son capaces de colonizar tejidos vegetales y sólo una fracción menor (unas 8 000) es capaz de producir enfermedades en las plantas (Schäfer, 1994; Knogge, 1996; Guzmán-Piedrahita *et al.*, 2009). Por el contrario, sólo unas 50 especies de hongos son patógenas de humanos y animales, y la mayor parte de ellos causan enfermedades superficiales en la piel (dermatofitos) (Muñoz, 2008).

El descubrimiento de los hongos como agentes causales de enfermedades en las plantas fue un proceso largo, en el cual participaron varios científicos a quienes se les reconocieron sus aportes, muchos años después. Este tardío reconocimiento se debió a que sus descubrimientos iban en contra de los dogmas establecidos. Uno de los científicos pioneros fue Michelli, quien en 1729 estableció que las estructuras polvosas (esporas) observadas en ciertos mohos de las frutas se reproducían si se les colocaba sobre rebanadas de melón recién cortadas, lo que le permitió concluir que las estructuras eran “semillas” (esporas) del hongo y que los diferentes hongos que a veces aparecían eran producidos por las esporas transportadas en el aire (Rivera, 2007).

Posteriormente, los trabajos de Tillet, Prevost y DeBary en los años 1755, 1807 y 1853, respectivamente, permitieron afirmar que los hongos son la causa y no el resultado de algunas de las enfermedades de las plantas, por lo que estos investigadores hicieron los primeros intentos para determinar los mecanismos por los cuales dichos patógenos causan enfermedades (Agrios, 2005).

En las últimas décadas, se reconoce la existencia de una gran variedad de géneros de hongos de importancia agronómica y alimentaria causantes de pérdidas en el campo, durante el cultivo y en las posteriores etapas de recolección, almacenamiento y distribución, ya sea el órgano aprovechable el fruto, tallo, hojas, raíces o tubérculos de la planta (Agrios, 2005; Strange y Scott, 2005).

Los vegetales cosechados son atacados de forma natural por un grupo de

patógenos relativamente pequeño de aproximadamente 40 especies. Los hongos patógenos post-cosecha más frecuentes son especies pertenecientes a los géneros: *Alternaria*, *Botrytis*, *Colletotrichum*, *Diplodia*, *Fusarium*, *Monilinia*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Phomopsis*, *Rhizopus* y *Sclerotinia* (Wills *et al.*, 1998; Ibrahim y Rahma, 2009; Alwakeel, 2013; Thiyam y Sharma, 2013; Tsado *et al.*, 2013). La mayoría de las frutas y hortalizas son sensibles a varias especies de hongos, aunque es frecuente encontrar relaciones de alta especificidad entre el patógeno y el organismo que infecta (Barkai-Golan, 2001).

Wright *et al.* (2003; 2004) en sus estudios identificaron a *Alternaria tenuissima* y *Colletotrichum gloeosporioides* en frutos de arándanos con reblandecimiento y probaron la patogenicidad de *Alternaria tenuissima*, *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum gloeosporioides* y aislamientos de los géneros *Aspergillus*, *Penicillium* y *Rhizopus* sobre frutos de arándano, resultados que fueron confirmados con los trabajos de Vásquez *et al.* (2007) e Insua *et al.* (2007).

Farrera *et al.* (2007), mediante aislamientos en agar papa dextrosa (PDA) y pruebas de patogenicidad, lograron identificar a las especies *Colletotrichum acutatum*, *Botrytis cinerea* y *Rhizopus stolonifer*, como los patógenos causantes de algunas de las enfermedades que afectan el fruto de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duchense), cultivada y cosechada en las localidades de Pueblo Hondo y Páramo El Rosal del municipio Jáuregui del estado Táchira. Por su parte, Ochoa *et al.* (2007) evaluaron las variedades de naranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck) Valencia temprana, Valencia tardía y Washington Navel cultivadas en la zona de Comondú, Baja California Sur, México, para identificar los hongos fitopatógenos que afectan la calidad de los frutos durante su almacenamiento. En este estudio mediante el análisis de la secuencia de la región ITS1-5,8S-ITS2 del ADNr se logró identificar a: *Aspergillus flavus*, *Fusarium oxysporum*, *Penicillium digitatum*, *P. italicum* y *P. variable*, los cuales son agentes causales de pudriciones y enfermedades en los frutos, afectando su calidad, lo que disminuye considerablemente su vida de anaquel y la capacidad de competir exitosamente en los mercados nacionales

e internacionales.

Kobina y Ebenezer (2012) indicaron que la composición de la micoflora asociada a *Capsicum annuum* (pimentón), *Abelmoschus esculentus* (chimbombó) y *Solanum lycopersicum* (tomate), muestreados en cuatro mercados (Madina, Makola, Mallam Atta y Agbogbloshie) de la ciudad de Accra, estaba caracterizada por la presencia de los géneros *Aspergillus* (cinco especies), *Cladosporium* (dos especies), *Fusarium* (tres especies), *Penicillium* (cuatro especies), *Mucor* (una especie), *Neurospora* (una especie) y una especie de *Trichoderma*. Adicionalmente, resaltaron que *Aspergillus flavus* fue la especie más común en todos los ejemplares evaluados de los cuatro mercados estudiados.

Thiyam y Sharma (2013) estudiaron las enfermedades fúngicas de ocho frutas locales (*Citrus limon*, *Mangifera indica*, *Musa paradisiaca*, *Psidium guajava*, *Elaeocarpus floribundus*, *Phyllanthus emblica*, *Artocarpus heterophyllus* y *Carambola* sp.) seleccionadas en el Valle de Barak, India. En esta investigación se logró aislar veintitrés (23) hongos patógenos que provocaron el deterioro de los frutos, de los cuales los géneros: *Acremonium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Chalaropsis*, *Cladosporium*, *Curvularia*, *Fusarium*, *Mucor*, *Penicillium*, *Rhizopus* y *Trichoderma* fueron los más comunes en las frutas almacenadas en cajas de madera.

Las enfermedades ocasionadas por hongos causan pérdidas millonarias en la agricultura, además, en algunos casos, son indirectamente los responsables de trastornos patológicos, alérgicos o tóxicos en los consumidores debido a la producción de micotoxinas o alérgenos que contaminan los productos vegetales. En este sentido, los ejemplos más representativos son las especies de los géneros *Penicillium*, *Aspergillus* y *Fusarium* que pueden producir intoxicaciones por patulinas (clariformina o leucipina, producidas por *P. expansum* o *P. griseofulvum*), aflatoxinas (producidas por *A. flavus* y *A. parasiticus*), tricotecenos (producidos por *F. tricinctum*, *F. nivale*, *F. roseum*, *F. graminearum*, *F. solani*, *F. culmorum* y *F. poae*), zearalenona (producida por *F.*

*graminearum*) o fumonicina (producida por *F. verticillioides* y *F. proliferatum*) (Pohland, 1993; Peraica *et al.*, 1999; FAO, 2001; Trigos *et al.*, 2008; Parra, 2009; Abrunhosa *et al.*, 2012; Peruzzo y Pioli, 2016).

En cualquier enfermedad infecciosa (en este caso, la causada por hongos), se lleva a cabo una serie de eventos sucesivos más o menos distintos que propician el desarrollo y la prevalencia de la enfermedad y del patógeno. A esta cadena de eventos se le denomina ciclo de la enfermedad, el cual en algunas ocasiones puede estar estrechamente relacionado con el ciclo vital del patógeno, pero se refiere fundamentalmente a la aparición, desarrollo y prevalencia de una enfermedad y no al patógeno mismo (Agrios, 2005).

El ciclo de una enfermedad incluye los cambios y síntomas que sufre una planta, así como los que se producen en el patógeno y los períodos comprendidos en una estación de crecimiento o al cabo de estaciones de crecimiento consecutivas (Rivera, 2007). Los eventos principales del ciclo de una enfermedad incluyen la inoculación, penetración, establecimiento de la infección, colonización (invasión), crecimiento, reproducción, dispersión y supervivencia del patógeno en ausencia de su hospedante, es decir su sobrevivencia a la llegada del invierno o del verano (Agrios, 2005).

El desarrollo epidémico de las enfermedades fitosanitarias está influenciado principalmente por los factores climáticos. Entre los factores meteorológicos más significativos para el progreso de la micosis se destacan la humedad, la temperatura y el viento (Gómez *et al.*, 2012). Al respecto, Ribeiro *et al.* (2004) señalaron que las enfermedades fitosanitarias están muy influenciadas por el microclima, el cual abarca un área desde 1 mm a 300 mm e involucra los registros meteorológicos de hasta 2 m por encima del nivel del suelo.

En base a lo anterior, resulta obvio que, para que una enfermedad se produzca y desarrolle óptimamente, debe haber una combinación de tres factores: una planta

susceptible, un patógeno infectivo y un medio favorable. Sin embargo, aunque la susceptibilidad de la planta y la infectividad del patógeno se mantengan esencialmente inalterables en la misma planta al menos durante varios días (y en ocasiones durante varias semanas o meses), las condiciones ambientales suelen cambiar más o menos súbitamente con intensidad variable. Dichos cambios afectan en forma más o menos drástica, el desarrollo de las enfermedades en proceso de desarrollo o el inicio de otras nuevas (Agrios, 2005).

Venezuela, específicamente el estado Sucre, por su ubicación geográfica, condiciones edáficas, climáticas y recursos tecnológicos o económicos, favorece la proliferación de hongos fitopatógenos, que causan el rápido deterioro de los distintos órganos aprovechables (hojas, tallos, frutos y/o raíces) de las plantas de importancia agrícola cultivadas y/o comercializadas en el estado. Estas pérdidas son de considerable importancia económica y social para todos los que intervienen en la cadena productiva desde el productor, pasando por los intermediarios hasta llegar al consumidor final quien es el que asume los costos de estas pérdidas.

En el presente trabajo se evaluaron los hongos causantes del rápido deterioro de las frutas y hortalizas frecuentemente comercializadas en el Mercado Municipal de Cumaná, estado Sucre, lo que permitirá la selección de estrategias de control más eficientes y específicas que no sólo garanticen una larga vida útil del producto sino la inocuidad del mismo.

## **METODOLOGÍA**

### **1.- Toma de muestras**

Para la selección y colecta de muestras se realizó un recorrido previo por los distintos puntos de venta del Mercado Municipal de Cumaná (el mercado de minoristas más importante del oriente venezolano que se encuentra ubicado en el Barrio El Islote, Cumaná, estado Sucre), lo que permitió observar, tomar notas en la libreta de campo y hacer un registro fotográfico de la forma de almacenamiento de las frutas y hortalizas aplicada por los vendedores y los distintos problemas fitosanitarios que presentan los productos exhibidos en sus locales. Posteriormente, se realizaron encuestas tanto a los vendedores (Apéndice A) como a los consumidores (Apéndice B) que permitieron determinar las frutas y hortalizas que exhiben la mayor frecuencia y variedad de problemas fitosanitarios, lo que facilitó la escogencia de tres especies de frutas y tres de hortalizas que fueron evaluadas en este estudio y la obtención de información referida a la procedencia de los productos vegetales, condiciones de almacenamiento, acondicionamiento y punto de exhibición para los comercializadores, y las preferencias de consumo, condiciones del producto y los puntos de venta y desinfección post-compra, en el caso de los consumidores.

### **2.- Efecto de las condiciones de almacenamiento de las frutas y hortalizas en los distintos puntos de venta**

El efecto de las condiciones de almacenamiento a temperatura ambiente (28-30°C) de los distintos puntos de venta sobre el desarrollo de las enfermedades fitosanitarias en las tres especies de frutas y tres de hortalizas seleccionadas en este estudio, se evaluó de acuerdo con la metodología descrita a continuación. Frutas y hortalizas ópticamente sanas de las seis especies vegetales, fueron lavadas o no durante 5 min en agua de chorro y secadas con papel absorbente.

Posteriormente, los vegetales lavados o no con agua de chorro se colocaron en cajas de cartón o plástico, de acuerdo con el tratamiento correspondiente, sobre toallas de papel absorbente secas, para simular las condiciones reales de almacenamiento

empleadas por los vendedores en los distintos puntos de venta del Mercado Municipal de Cumaná, al terminar sus jornadas diarias de trabajo.

En cada caja (de cartón o plástico) se colocaron dos vegetales ópticamente sanos por cada una de las especies de frutas y hortalizas estudiadas, lavadas o no con agua de chorro.

Finalmente, tres cajas (de cartón o plástico) para las especies vegetales lavadas o no, fueron mantenidas a temperatura ambiente (28-30°C) con fotoperiodo de 8 h, en el Laboratorio de Microbiología de Suelos del Departamento de Biología de la Universidad de Oriente núcleo de Sucre. El efecto de las condiciones de almacenamiento sobre el desarrollo *in vivo* de las enfermedades fitosanitarias, se determinó por el porcentaje de pudriciones y el de pérdida de masa de los vegetales registrados a los 5, 8, 12 y 15 días de incubación.

#### 2.1.- Porcentaje de pudriciones

La incidencia de hongos fitopatógenos fue considerada como el número de frutas y hortalizas con lesiones o manchas superficiales asociadas al crecimiento fúngico (necrosamiento y presencia de micelio) y expresada en porcentaje del total de los vegetales empleados para cada evaluación (5, 8, 12 y 15 días de incubación) en cada condición de almacenamiento, a temperatura ambiente (28-30°C).

#### 2.2.- Porcentaje de pérdida de masa

Las frutas y hortalizas fueron pesadas en una balanza manual de uso doméstico, de 10 g de apreciación. Se registró la masa de los productos hortofrutícolas en cada fecha de evaluación (5, 8, 12 y 15 días de incubación) y se calculó el porcentaje de pérdida de masa aplicando la siguiente fórmula (Gómez-Jaimes *et al.*, 2009):

$$\% \text{ de pérdida de masa} = \frac{\text{Masa inicial} - \text{Masa final}}{\text{Masa inicial}} \times 100$$

### **3.- Aislamiento de hongos fitopatógenos**

De las frutas seleccionadas (tres especies vegetales en total) se colectaron, siguiendo el método de muestreo aleatorio simple (Daniel, 2004), seis ejemplares ópticamente sanos y seis que manifiestan los síntomas de alguna enfermedad fitosanitaria durante un muestreo, mediante compra en puntos de venta más populares y con mayor diversidad de frutas exhibidas en sus anaqueles, para un total de 36 unidades experimentales.

Posteriormente, se tomaron fotos *in situ* con la cámara digital Olympus VG-120 de las condiciones sanitarias del punto de venta, la forma de almacenamiento y la calidad del producto; se describieron los síntomas de enfermedades fitosanitarias observados en los vegetales colectados y las muestras fueron colocadas en bolsas herméticas transparentes previamente rotuladas que se trasladaron al Laboratorio de Microbiología de Suelos, para su posterior análisis.

Los signos de los posibles patógenos fueron extraídos de las lesiones de las frutas enfermas para su observación con un microscopio estereoscópico marca Motic serie B-1 a 60X, seguidamente estos vegetales se lavaron con agua destilada. Posteriormente fueron sumergidos en una solución de hipoclorito de sodio al 0,5% por espacio de 5 min (Farrera *et al.*, 2007).

Cortes de tejidos internos sanos o de las lesiones observadas en los 36 ejemplares de las frutas previamente colectados, se sembraron por triplicado en placas de Petri de 9 cm de diámetro que contenían el medio de cultivo agar papa dextrosa (PDA) adicionado con 40,8 mg/L de tetraciclina etilen lisina (equivalente a 30 mg/L de tetraciclina, para evitar su contaminación bacteriana), para un total de 36 aislamientos en PDA. Las placas fueron incubadas en la estufa (marca Lab-Line<sup>®</sup>) a temperatura ambiente (28-30°C) durante aproximadamente ocho días o hasta el crecimiento de las colonias fúngicas y se describió la apariencia y color de las colonias desarrolladas.

#### **4.- Cultivos puros de hongos fitopatógenos**

Las colonias morfológicamente diferentes presentes en los aislamientos fúngicos previamente realizados de cada una de las especies vegetales estudiadas, fueron colocadas individualmente en placas de Petri con PDA, las cuales se incubaron en la estufa a temperatura ambiente (28-30°C) durante aproximadamente ocho días, con el objetivo de obtener los cultivos puros que posteriormente fueron utilizados en las pruebas de fitopatogenicidad y en los ensayos *in vitro* del efecto de la presión osmótica y la efectividad de los agentes desinfectantes post-compra generalmente empleados por los consumidores.

Tanto en las muestras de campo, como en los aislamientos y los cultivos puros, se caracterizaron y fotografiaron las estructuras reproductivas que permitieron la identificación de los agentes patógenos.

#### **5.- Caracterización fenotípica e identificación taxonómica de los hongos fitopatógenos**

La descripción e identificación de los hongos aislados se realizó de acuerdo con las características macro y microscópicas observadas. Las características macromorfológicas evaluadas fueron: tiempo y forma de crecimiento de la colonia, tamaño, borde, aspecto, superficie, consistencia, elevación, producción de pigmentos, textura y coloración de ambas caras (Thiyam y Sharma, 2013).

Las características microscópicas (forma de los conidios, color y grosor de las hifas, tabicación, bifurcación, pigmentación de los cuerpos fructíferos, forma, tamaño y disposición de los conidios y presencia de estructuras especializadas) se observaron en el microscopio óptico marca Motic serie B-1 (objetivo de 40X), colocando en un portaobjetos con una aguja de disección una porción del micelio desarrollado en medio de cultivo (PDA) en una gota de azul de tripano en lactofenol (Meer *et al.*, 2013).

Los aislamientos de los hongos fitopatógenos asociados a los vegetales

estudiados fueron identificados de acuerdo con su género y especie, utilizando las claves de Guzmán (1977), Finch y Finch (1987), Romero (1988), Hanlin y Tortolero (1995), De la Maza *et al.* (1997), Barnett y Hunter (1998), Carrillo (2003), Mueller *et al.* (2004), Webster y Weber (2007), Arenas (2008) y Koneman *et al.* (2008).

## **6.- Pruebas de patogenicidad**

Para determinar la patogenicidad de los hongos aislados en cada una de las especies de frutas estudiadas se utilizaron los postulados de Koch (Agrios, 2005), de manera que todos los hongos fitopatógenos aislados fueron inoculados en las frutas sanas de las mismas especies donde se obtuvieron originalmente, con la finalidad de observar la capacidad de la cepa para producir la misma enfermedad.

Las frutas sanas de las tres especies seleccionadas en este estudio, fueron desinfectadas superficialmente con alcohol isopropílico al 70%, durante 1 min, hipoclorito de sodio al 1% durante 3 min y seguidamente se lavaron con agua destilada estéril y se colocaron en cajas plásticas de 28 x 16 x 10 cm, sobre toallas de papel humedecidas con agua destilada (Donoso y Latorre, 2006). En cada caja se colocaron por aislamiento fúngico, tres vegetales sanos de cada especie de frutas donde fueron reportadas previamente las cepas.

La inoculación del hongo fitopatógeno se efectuó depositándose 100 µL de la suspensión de conidios con ayuda de una micropipeta manual (10-100 µL) sobre las heridas superficiales que fueron realizadas con una aguja desinfectada en cada uno de los vegetales con el objeto de facilitar la penetración de los mismos en la cutícula de cada ejemplar. Para la preparación de la suspensión de conidios se utilizaron muestras colectadas de los cultivos puros de los hongos previamente aislados y se ajustó la concentración de la misma a  $10^5$ - $10^6$  conidios/mL mediante el conteo de esporas en la cámara de Neubauer o hematócmetro de acuerdo con la metodología de Cañedo y Ames (2004), que se describe a continuación: se preparó una suspensión de conidios en agua destilada (haciendo diluciones cuando fue necesario), la cual fue depositada con ayuda

de una pipeta Pasteur en la cámara de Neubauer y se cubrió con el cubreobjetos. La cámara se observó en el microscopio óptico utilizando el aumento conveniente de acuerdo al tamaño de la estructura (40X) y se contaron los conidios presentes en los cuadrados elegidos, generalmente se cuentan en los cuadrados de los cuatro ángulos y el centro, o en forma diagonal empezando por el primero de la parte superior izquierda, o los conidios que están ubicados tocando la primera de las tres líneas que se localizan circundando el cuadrado, las que se encuentran en la parte superior y derecha del cuadrado. Se seleccionó una forma de conteo y fueron evaluados en total diez cuadrados, cinco en cada cámara (cinco arriba y cinco abajo).

Para determinar el número de conidios por mL y el número total de conidios presentes en la suspensión madre se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$\text{Conidios/mL} = \text{Número de conidios contados} \times 25\,000 \times \text{factor de dilución}$$

$$\text{Conidios total} = \text{conidios/mL} \times \text{Volumen (mL) de la suspensión original de conidios.}$$

Tres cajas con frutas inoculadas y otra sin inoculación (tratamiento control), para cada aislamiento fúngico, fueron mantenidas a temperatura ambiente (28-30°C) con fotoperiodo de 12 h, bajo condiciones de laboratorio. Evaluaciones diarias se realizaron durante aproximadamente siete días para describir el desarrollo de los síntomas y signos del patógeno. Finalmente, reaislamientos de los patógenos fueron realizados para su comparación con los aislados inicialmente.

## **7.- Efecto *in vitro* de la presión osmótica**

El efecto de la presión osmótica sobre el crecimiento micelial de los cuatro inóculos fúngicos más frecuentes en las especies frutales previamente aislados, se evaluó siguiendo la metodología descrita por Donoso y Latorre (2006), en la cual una alícuota (100 µL) de suspensión de conidios ( $10^5$ - $10^6$  conidios/mL) de cada aislamiento fúngico se sembró por triplicado en placas de Petri con PDA modificado con 0; 0,34; 0,68 y

1,02 M de NaCl, equivalente a una actividad de agua ( $a_w$ ) de 0,996; 0,990; 0,980 y 0,960, respectivamente. Las placas se incubaron en la estufa por ocho días a temperatura ambiente (28-30°C) y luego se determinó el crecimiento micelial (largo x ancho) de las colonias fúngicas en centímetros cuadrados ( $\text{cm}^2$ ).

### **8.- Efectividad de los agentes químicos de desinfección post-compra empleados por los consumidores**

La efectividad de los agentes químicos de desinfección post-compra empleados por los consumidores sobre la reducción de la carga fúngica superficial de las especies de frutas estudiadas, se determinó *in vitro* mediante la siembra de una alícuota (100  $\mu\text{L}$ ) de suspensión de conidios ( $10^5$ - $10^6$  conidios/mL), de los aislamientos fúngicos sometidos al ensayo anteriormente descrito, por triplicado en placas de Petri con PDA, a las cuales se les dispersaron equidistantemente cuatro discos de papel de filtro Whatman N° 1 de 1 cm de diámetro previamente impregnados con cada uno de los tres agentes desinfectantes evaluados (hipoclorito de sodio, ácido acético y bicarbonato de sodio) a cuatro concentraciones diferentes.

Las concentraciones evaluadas para cada agente químico desinfectante fueron las siguientes:

a) Hipoclorito de sodio al 0; 1,06; 2,13 y 4,25%, siendo ésta última la concentración comercial.

b) Ácido acético al 0; 1,25; 2,5 y 5%, siendo ésta última la concentración en vinagre.

c) Bicarbonato de sodio al 0; 0,75; 1,5 y 3%.

Las diluciones de los agentes desinfectantes se realizaron con agua destilada estéril. Finalmente, las placas fueron incubadas en la estufa a temperatura ambiente

(28-30°C) por seis días y la efectividad de los agentes desinfectantes se determinó por el diámetro en mm del halo de inhibición del crecimiento micelial formado alrededor de los discos.

## **9.- Análisis estadísticos**

El efecto de las condiciones de almacenamiento a temperatura ambiente sobre el desarrollo de las enfermedades fitosanitarias se determinó conforme con un modelo factorial (2 x 6 x 2 x 2 x 3) completamente aleatorizado, donde se emplearon dos ejemplares ópticamente sanos por cada una de las seis especies vegetales, en dos estados (lavados con agua de chorro y sin lavar) y colocados en dos tipos de cajas (cartón y plástico), con tres réplicas, para un total de 144 unidades experimentales.

El diseño experimental completamente aleatorizado utilizado para la toma de las muestras que fueron empleadas en los aislamientos, caracterización fenotípicas, identificación taxonómica y patogenicidad de los hongos fitopatógenos asociados a las enfermedades fitosanitarias que causan el deterioro de las especies vegetales seleccionadas en este estudio, conformado por una combinación factorial de tres especies de frutas y dos condiciones del vegetal (ópticamente sano y con síntomas de alguna enfermedad fitosanitaria), con seis repeticiones, para un total de 36 unidades experimentales.

En la evaluación del efecto *in vitro* de la presión osmótica sobre el crecimiento micelial, se empleó un diseño factorial completamente aleatorizado conformado por cuatro aislamientos fúngicos, cuatro concentraciones de NaCl (0; 0,34; 0,68 y 1,02 M), con tres repeticiones, para un total de 48 unidades experimentales.

La efectividad de los agentes desinfectantes post-compra sobre el crecimiento micelial se estudió empleando un diseño completamente al azar con estructura factorial 4 x 3 x 3: cuatro aislados fúngicos, tres agentes desinfectantes (un agente con cuatro concentraciones por placa de Petri inoculada) y tres réplicas, para un total de 36

unidades experimentales.

Los resultados fueron analizados estadísticamente con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis y para los tratamientos significativos se realizó la prueba *a posteriori* de Duncan, con un nivel de significancia de 0,05, utilizando el programa estadístico Statgraphics Centurion. Los datos de las encuestas fueron analizados con el programa estadístico PASW Statistics 18 (SPSS).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En mayo del 2014 se realizaron encuestas a 50 expendedores seleccionados al azar, que poseen sus puntos de venta ubicados en algunas de las tres zonas del Mercado Municipal de Cumaná (en la nave central, al aire libre dentro del perímetro delimitado por las cercas metálicas y en la avenida adyacente al mercado) y a 55 consumidores, seleccionados aleatoriamente, que adquieren frecuentemente sus vegetales en estos puntos de venta. Estas encuestas, reflejaron la procedencia de las frutas y hortalizas comercializadas durante las jornadas diarias de trabajo de los vendedores (Figura 1), la frecuencia de comercialización (Tablas 1 y 2) y las que se dañan con mayor facilidad antes y después de la compra (Tablas 3 y 4).

Las opiniones emitidas por el 70,6% de los expendedores (Figura 1), reflejaron que las frutas y hortalizas comercializadas en los distintos puntos de venta son adquiridas directamente a los camioneros, los cuales transportan estos vegetales desde las zonas de producción o acopio establecidas en otros estados de Venezuela (principalmente Miranda y Lara) hasta las instalaciones del Mercado Municipal de Cumaná (estado Sucre), donde finalmente son compradas por los consumidores; mientras que el 17,6% de los encuestados señaló que las frutas y hortalizas comercializadas (como por ejemplo: yuca, ocumo, auyama, tomate, lechosa, aguacate, etc.) son adquiridas directamente a los camioneros que trasladan estos productos desde ciudades o pueblos pertenecientes a diferentes municipios del estado Sucre, principalmente Cumanacoa, Carúpano, Cariaco. El 5,9% de los vendedores indicó que los vegetales exhibidos en sus locales proceden de comercializaciones dentro del Municipio Sucre del estado Sucre, realizadas directa o indirectamente con los productores, localizados en Santa Fe (Los Altos de Sucre), San Juan, la Llanada, el Tacal, entre otros pueblos. Los principales productos adquiridos por esta vía son: merey, jovito, ciruela, mango, limón, mandarina y naranja.

Finalmente, como se observa en los resultados arrojados por las encuestas, el 5,9% de los entrevistados opinó que algunos productos como las manzanas, peras, uvas,

fresas y melocotón, son obtenidos mediante importaciones de Chile y Perú.

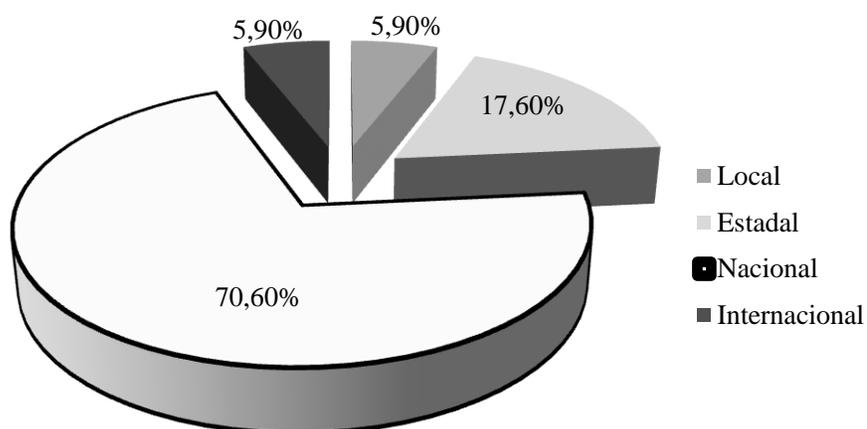


Figura 1. Procedencia de las frutas y hortalizas comercializadas por los vendedores encuestados en sus establecimientos.

Tello (2014) concuerda con lo indicado por los vendedores, al mencionar en su proyecto de evaluación de pérdidas físicas en post-cosecha de productos agrícolas en etapa de mercadeo en el Mercado Municipal La Carolina de Quito, que el abastecimiento de los mercados municipales se hace por medio de los comerciantes “mayoristas móviles” ligados al transporte, que traen los productos desde los centros de producción o acopio hasta el mercado. Por su parte, la Corporación Colombia Internacional (2000) indicó que el sistema de distribución de alimentos en Venezuela no cuenta con un medio de transporte adecuado que garantice la calidad de los productos perecederos durante su recorrido hasta su destino final, por lo tanto, las frutas y hortalizas que se producen internamente (procedencia local y estatal) son generalmente transportadas desde los huertos o granjas en las áreas rurales en vehículos carentes de sistema de refrigeración hasta los mercados mayoristas ubicados en los centros urbanos.

Los productos vegetales importados por Venezuela llegan por vía marítima, pero los más perecederos o con un ciclo de vida menor llegan por avión (por ejemplo, la cereza). Aproximadamente el 95% de las frutas y hortalizas importadas llegan al puerto

de La Guaira, son transportadas en vehículos no refrigerados hasta una instalación central, donde se almacenan y distribuyen mediante camiones no refrigerados a los mercados mayoristas ubicados en Caracas y otras ciudades (Corporación Colombia Internacional, 2000).

La Tabla 1 refleja que las frutas más vendidas son: durazno con un 22,2%, seguido de lechosa (18,5%) y cambur (14,8%). En cuarto lugar se tienen con 11,1%, guayaba y fresa. Las comercializadas con menor frecuencia son: guanábano, mora, mandarina y piña con 3,7% cada una.

Tabla 1. Frutas más vendidas por los expendedores entrevistados en los distintos establecimientos del Mercado Municipal de Cumaná y frecuentemente compradas por los consumidores encuestados.

Frutas	Porcentaje de ventas (%)	Porcentaje de compra (%)
Cambur	14,8	18,4
Ciruela	NR	0,7
Coco	NR	0,7
Durazno	22,2	14,9
Fresa	11,1	0,7
Guanábano	3,7	NR
Guayaba	11,1	17,0
Lechosa	18,5	14,2
Mandarina	3,7	5,0
Mango	NR	3,5
Manzana	NR	2,1
Melocotón	NR	0,7
Mora	3,7	NR
Naranja	NR	3,5
Parchita	7,4	5,7
Pera	NR	1,4
Piña	3,7	9,9
Plátano	NR	0,7
Uva	NR	0,7

NR: No reportada por los encuestados.

Las frutas frecuentemente compradas (Tabla 1) por los consumidores encuestados son: cambur (18,4%), guayaba (17%), durazno (14,9%), lechosa (14,2%) y piña (9,9%). Las frutas que son adquiridas con menor frecuencia son fresa, ciruela, uva,

melocotón, plátano y coco con un reporte (0,7%) para cada fruta durante la realización de las encuestas.

En el caso de las hortalizas, las más vendidas (Tabla 2) son: cebolla (23,8%), papa (21,4%), tomate (9,5%) y ají (7,1%); mientras que las vendidas con menor frecuencia son: yuca, pimentón, acelga, espinaca, coliflor y brócoli, con un 2,4% de las opiniones emitidas por los encuestados. Por su parte, las hortalizas más compradas (Tabla 2) por los consumidores encuestados son: cebolla (13,7%), tomate (13,3%), zanahoria (10%), lechuga (9,5%) y repollo (7,1%). Las menos compradas son la acelga y vainitas con 0,9 y 0,5%, respectivamente.

La frecuente comercialización de estas frutas y hortalizas puede corresponderse principalmente con su disponibilidad y costos relativamente bajos (que tienden a variar dependiendo de las épocas del año), lo que permite que sean más accesibles para los consumidores. Adicionalmente, la compra-venta de los vegetales puede ser influenciada por las preferencias y necesidades de los consumidores.

Tello (2014) señaló que los mercados municipales son los lugares más concurridos para el aprovisionamiento de alimentos, durante todos los días de la semana por los 365 días del año. En estos mercados populares básicamente existe una gran afluencia de compradores debido a los precios más accesibles y a la oferta de productos que, aun siendo demasiado fluctuantes por temporadas, son muy demandados, tal es el caso de las frutas y hortalizas, lo que coincide con lo observado en las encuestas realizadas a los consumidores y vendedores del Mercado Municipal de Cumaná.

El atractivo económico que ofrecen las frutas y hortalizas se deriva, a su vez, del incremento en la demanda de estos productos como resultado de los cambios en los patrones de consumo, principalmente entre las clases medias y altas (Macías, 2010). Esos cambios son resultado de modificaciones en diferentes ámbitos: a) por el crecimiento de distintas enfermedades relacionadas con la dinámica urbana actual

(cáncer, diabetes, problemas cardiacos) y el mayor interés de la población por prevenirlas con productos que, como las hortalizas, son ricos en fibra; b) por los cambios en la estructura de los mercados laborales, con mayor participación de la mujer, lo que exige alimentos frescos y fáciles de consumir; c) por los cambios en la visión estética del cuerpo; d) por el incremento de las expresiones étnicas; e) por la mayor importancia que la gente da a comer alimentos naturales y consistentes con el respeto al ambiente, entre otros (Cook, 1992; Marsden, 1997).

Tabla 2. Hortalizas más vendidas por los expendedores entrevistados en los distintos establecimientos del Mercado Municipal de Cumaná y frecuentemente compradas por los consumidores encuestados.

Hortalizas	Porcentaje de ventas (%)	Porcentaje de compra (%)
Acelga	2,4	0,9
Ají	7,1	4,3
Ajo	NR	3,8
Apio	4,8	NR
Auyama	4,8	NR
Berenjena	NR	1,4
Brócoli	2,4	2,8
Calabacín	NR	1,4
Cebolla	23,8	13,7
Coliflor	2,4	1,9
Espinaca	2,4	NR
Hierbas aromáticas	NR	6,2
Lechuga	4,8	9,5
Melón	NR	6,2
Ocumo	4,8	NR
Papa	21,4	4,7
Patilla	NR	2,8
Pepino	NR	1,4
Pimentón	2,4	4,3
Remolacha	NR	3,8
Repollo	NR	7,1
Tomate	9,5	13,3
Vainita	NR	0,5
Yuca	2,4	NR
Zanahoria	4,8	10,0

NR: No reportada por los encuestados.

La comercialización de estos vegetales presenta un comportamiento fluctuante

que depende de la época del año. Durante los meses de octubre, noviembre y diciembre el gasto *per cápita* en las frutas y hortalizas aumenta como consecuencia del incremento en su consumo durante las festividades de fin de año, mientras que durante los meses de abril, mayo y junio el gasto en estos alimentos es menor (Corporación Colombia Internacional, 2000).

La Tabla 3 refleja las frutas que se deterioran con mayor facilidad o que manifiestan la mayor frecuencia y diversidad de enfermedades fitosanitarias en los distintos puntos de venta antes de ser compradas por los consumidores y durante el periodo post-compra. Las encuestas arrojaron que las frutas que se dañan con mayor facilidad antes de ser compradas son la lechosa, el durazno y la fresa con un 22,7% cada rubro, mientras que la guanábana, mora, uva criolla y níspero fueron reportadas por los vendedores encuestados (4,5% en cada caso) como las frutas que se dañan con menor facilidad. Adicionalmente, la Tabla 3 refleja que las frutas que se dañan con mayor facilidad durante el periodo post-compra son: el cambur con el 31,1% de las opiniones emitidas por los consumidores, seguido de la lechosa y guayaba con el 18% cada una y el durazno con el 9,8%. La fresa, mandarina, parchita, naranja y ponsigüé (1,6% en cada caso) representan las frutas que se dañan con menor facilidad en el periodo post-compra.

En el caso de las hortalizas, las que se dañan con mayor facilidad antes de ser compradas por los consumidores (Tabla 4) son: en primer lugar el tomate con un 36,4%, seguido del pimentón con 15,2%, zanahoria con un 12,1%, yuca y melón con un 9,1%. Mientras que la auyama, lechuga, apio y berenjena (con un 3% en cada caso) fueron reportadas por los vendedores como las hortalizas que se dañan con menor frecuencia durante su exhibición, comercialización y almacenamiento.

Las hortalizas que manifiestan la mayor frecuencia y diversidad de enfermedades fitosanitarias post-compra (Tabla 4) son, en primer lugar, la lechuga con el 23,6% de las opiniones emitidas por los consumidores encuestados, seguido del tomate y la zanahoria con 22,2 y 12,5%, respectivamente. La cebolla, ocumo, auyama, ají, coliflor, brócoli,

remolacha, pepino y berenjena con 1,4% en cada caso, representan las hortalizas que se dañan con menor facilidad durante el periodo post-compra.

Tabla 3. Frutas que se dañan con mayor facilidad en los puntos de venta del Mercado Municipal de Cumaná y durante el periodo post-compra.

Frutas	Puntos de ventas (%)	Periodo post-compra (%)
Cambur	13,6	31,1
Durazno	22,7	9,8
Fresa	22,7	1,6
Guanábano	4,5	NR
Guayaba	NR	18,0
Jovito	NR	3,3
Lechosa	22,7	18,0
Mandarina	NR	1,6
Mango	NR	3,3
Manzana	NR	3,3
Mora	4,5	NR
Naranja	NR	1,6
Níspero	4,5	NR
Parchita	NR	1,6
Piña	NR	4,9
Ponsigué	NR	1,6
Uva criolla	4,5	NR

NR: No reportada por los encuestados.

El rápido deterioro de las frutas y hortalizas en los puntos de venta antes de ser compradas por los consumidores y durante el periodo post-compra (en los lugares destinados por los consumidores para su almacenamiento) puede deberse a que estos vegetales frescos tienen una corta vida útil y dadas sus características, son susceptibles de daños y contaminaciones microbiológicas, químicas y físicas durante la manipulación de la cosecha, traslado al lugar de empaque y distribución a los puntos de venta, lo que destruye su calidad en un corto período de tiempo, antes de ser cocidos y consumidos (Giannakourou y Taoukis, 2003; Caballero, 2008). Al respecto, Álvarez *et al.* (2004) establecieron que estos vegetales están expuestos durante el proceso de distribución y comercialización a riesgos como: disminución o ganancia de volumen; cambio o pérdida de color o transparencia; variación de su densidad; hidratación o deshidratación no deseadas; pérdida de peso debido a disminución de humedad, deterioro de su textura y

presentación; compresión; tracción de fuerzas axiales; vibración; golpes; fricción, que entre otros efectos pueden generar roturas, ralladuras o fisuras que pueden conducir a su rechazo por parte del comprador.

Tabla 4. Hortalizas que se dañan con mayor facilidad en los puntos de venta del Mercado Municipal de Cumaná y durante el periodo post-compra.

Hortalizas	Puntos de ventas (%)	Periodo post-compra (%)
Ají	NR	1,4
Apio	3,0	NR
Auyama	3,0	1,4
Berenjena	3,0	1,4
Brócoli	NR	1,4
Cebolla	NR	1,4
Cilantro, espinaca y perejil	6,1	8,3
Coliflor	NR	1,4
Lechuga	3,0	23,6
Melón	9,1	NR
Ocumo	NR	1,4
Patilla	NR	4,29
Pepino	NR	1,4
Pimentón	15,2	8,3
Remolacha	NR	1,4
Repollo	NR	8,3
Tomate	36,4	22,2
Yuca	9,1	NR
Zanahoria	12,1	12,5

NR: No reportada por los encuestados.

Por otro lado, las potenciales contaminaciones microbiológicas de los vegetales se pudieran producir por no aplicar buenas prácticas agrícolas, condiciones inadecuadas de transporte (suciedad en los camiones, transporte con estiércol, animales, etc.) y por daños mecánicos producidos durante el transporte que pudieran favorecer la transmisión o el crecimiento de microorganismos en los productos.

Los resultados de las encuestas realizadas a los vendedores y consumidores reflejados en las Tablas 1 y 3, permitieron la escogencia de las tres especies de frutas evaluadas en la presente investigación. Las frutas seleccionadas fueron: durazno (*Prunus*

*persica*), guayaba (*Psidium guajava*) y cambur (*Musa paradisiaca*).

El durazno y el cambur fueron reportados por los vendedores y consumidores como las frutas más comercializadas y las que se dañan con mayor facilidad durante su exhibición y almacenamiento en los depósitos o puntos de venta y en los hogares de los consumidores.

*Prunus persica* pertenece a la familia Rosaceae y para el año 2011 fue la tercera especie frutal en importancia a nivel mundial, en términos de producción y comercialización, por detrás del manzano (FAOSTAT, 2013). En Venezuela se han introducido muchas variedades de durazno, aunque en la actualidad comercialmente se siembran muy pocas (INIA, 2002).

*Musa paradisiaca* es una planta herbácea gigante, pertenece a la familia Musaceae y posiblemente es la planta cultivada más antigua en el mundo. Hace más de tres mil años, ya se le mencionaba en escritos chinos como uno de los primeros alimentos del hombre primitivo. Los antiguos lo llamaban “fruta de los hombres sabios”, dada sus cualidades nutricionales superiores (Coronel y Henríquez, 2010; Moreira, 2013).

La guayaba fue escogida para el desarrollo de este estudio, a pesar de que no fue señalada por los vendedores como la fruta que se daña con mayor facilidad durante su exhibición y almacenamiento, debido a que fue reportada como la más comercializada y la que presenta frecuentemente problemas fitosanitarios durante el periodo post-compra.

*Psidium guajava* es una planta originaria de Mesoamérica y se desarrolla ampliamente en los trópicos donde enriquece la dieta de cientos de millones de personas (Perales *et al.*, 2005; Vargas-Álvarez *et al.*, 2006). Se denomina como “la fruta reina” por ser la más completa en nutrientes: vitaminas, proteínas, sales minerales y oligoelementos. Los contenidos de vitaminas A, B1 y B2, son altos, y el de vitamina C es dos veces mayor que el de la naranja; los niveles de aminoácidos esenciales como el

triptófano, lisina y metionina, son muy elevados y es rica en taninos (González, 2010). Además de poseer propiedades de astringente intestinal, el consumo de la guayaba como fruta fresca es cada vez más recomendado por nutricionistas y dietistas.

Cabe destacar, que la lechosa a pesar de que los vendedores y consumidores encuestados la reportaron como una de las frutas más comercializada y la que se daña con mayor facilidad en los puntos de venta y en el periodo post-compra, no fue seleccionada para este estudio debido a que es muy susceptible a enfermedades virales, como el virus de la mancha anular de la papaya (PRSV), Potyviridae: Potyvirus (Fauquet *et al.*, 2005; Cabrera *et al.*, 2010), el cual pertenece a uno de los grupos de virus de plantas más extensos e importantes desde el punto de vista económico (Tripathi *et al.*, 2008). Es responsable de causar devastadoras pérdidas que alcanzan el 100% del cultivo ya que induce la muerte de las plantas. Cuando una planta se infecta y alcanza a fructificar, los frutos manifiestan síntomas de distorsión y presencia de anillos en la superficie del pericarpio que reducen la calidad del mismo. Este daño es común en países como Ecuador, Brasil, Colombia, Cuba, China, Estados Unidos, Filipinas, India, Malasia, México, Taiwán, Tailandia y Venezuela (Martínez, 2010).

En el caso de las hortalizas, las Tablas 2 y 4, permitieron la escogencia de: tomate (*Solanum lycopersicum*), zanahoria (*Daucus carota*) y pimentón (*Capsicum annuum*). Es importante resaltar que estas especies fueron reportadas dentro del grupo de las hortalizas más comercializadas y las que presentan la mayor frecuencia y diversidad de enfermedades fitosanitarias durante su exhibición, comercialización, almacenamiento y consumo.

*Solanum lycopersicum*, pertenece a la familia Solanaceae, es uno de los cultivos hortícolas con mayor área cultivada y producción global, que se consume de múltiples maneras. Hoy en día existen multitud de variedades, cultivadas durante todo el año y con frutos de distintos tamaños, formas y colores (INIA, 2005). Sano es la palabra que mejor define al tomate. Una de sus cualidades más importantes es su poder antioxidante, ya

que posee una sustancia, el licopeno, que junto con otros compuestos reduce el riesgo de contraer cáncer, entre otros efectos. Se trata de un alimento que aporta multitud de vitaminas necesarias para el organismo y contiene altos niveles de potasio y cinc (Reina *et al.*, 1998).

*Daucus carota*, pertenece a la familia Apiaceae y es el cultivo hortícola de raíz más importante a nivel mundial. La raíz engrosada se consume cruda, hervida o procesada, en jugos, ensaladas y conservas. El consumo elevado de esta hortaliza se ha asociado a una disminución del riesgo de contraer cáncer en diversas partes del cuerpo y porque aporta vitamina E y fibra, además de reducir los niveles de colesterol (Soto, 2010).

*Capsicum annuum* (familia Solanaceae) es una hortaliza muy cultivada en el mundo y de vital importancia en la alimentación humana (Orobiyi *et al.*, 2013). Es rico en proteínas, lípidos, carbohidratos, fibras, sales minerales (Ca, P, Fe) y en vitaminas A, D3, E, C, K, B12 y B2. Tiene propiedades antioxidantes, antimutagénicas, hipocolesterolemiantes e inmunosupresoras y también inhibe el crecimiento de bacterias y aglomeración de plaquetas (El-Ghoraba *et al.*, 2013).

La cebolla (*Allium cepa*) no fue seleccionada para esta investigación, a pesar de que es uno de los vegetales más comercializados en el Mercado Municipal de Cumaná, debido a que tanto los consumidores como los vendedores opinaron que esta hortaliza no presenta frecuentemente enfermedades fitosanitarias. Sin embargo, Brayford (1996), Kiehr *et al.* (1996) e Iriarte *et al.* (2011) señalaron que entre las enfermedades más importantes que afectan tanto al cultivo como a la calidad del bulbo durante el almacenamiento, se destaca la “podredumbre basal” causada por *Fusarium oxysporum*.

Por otro lado, la lechuga (*Lactuca sativa*) aunque fue reportada como el vegetal más vendido-comprado y el que presenta la mayor frecuencia y diversidad de problemas fitosanitarios después de su compra, no fue seleccionada para la realización de esta

investigación debido a que presenta múltiples infecciones por patógenos de distinta naturaleza (ampliamente descritas por diversos autores) y a sus requerimientos especiales para su almacenamiento. Las enfermedades infecciosas pueden ser causadas por agentes como: bacterias, virus, fitoplasmas, hongos y nematodos (Davis *et al.*, 2002).

Dentro de las enfermedades causadas por bacterias la más común es la pudrición bacteriana (causada por *Pantoea carotovora*) que se caracteriza por la aparición de un color verde oscuro en las hojas que se torna a negro y los haces vasculares se encuentran ennegrecidos (Ávila *et al.*, 1996). Maroto (2000) reportó la enfermedad conocida como bacteriosis causada por las bacterias *Xanthomonas campestris* y *Pseudomonas cichorii* como otra de las infecciones comunes en la lechuga.

Los virus de alto impacto que se presentan en el cultivo son el virus de la clorosis de la lechuga que causa el amarillamiento, enrollamiento, raquitismo, subsecuente aclareo nerval y fragilidad de las hojas; también se encuentra el Potyvirus del mosaico de la lechuga que se caracteriza por el desarrollo de moteado o mosaico verde pálido, aclareo nerval, motas necróticas y el rizado hacia abajo de las hojas exteriores (Davis *et al.*, 2002). Adicionalmente, Maroto (2000) reportó que los cultivos de lechuga pueden ser afectados por: el virus del mosaico del pepino (CMV), virus de las nervaduras gruesas de la lechuga (VNGL) y el virus del bronceado del tomate (TSWV).

Finalmente, Davis *et al.* (2002), Martínez (2008) y Domínguez (2012) reportan que las enfermedades causadas por los hongos patógenos más comunes en el cultivo de lechuga son: antracnosis (*Microdochium panattonianum*), pudrición de las plántulas (*Rhizoctonia solani*), mildew velloso (*Bremia lactucae*), moho blanco de la lechuga (*Sclerotinia minor* y *S. sclerotiorum*), fusariosis (*Fusarium oxysporum* y *F. lactucum*), moho gris (*Botrytis cinerea*), mancha foliar por *Septoria* (*Septoria lactucae*), añublo sureño (*Sclerotium rolfsii*), mancha foliar por *Stemphyllium* (*Stemphyllium botryosum* f.

sp. *lactucum*) y verticilosis (*Verticillium dahliae*).

## 1.- Efecto de las condiciones de almacenamiento de las frutas y hortalizas en los distintos puntos de venta

### 1.1.- Porcentaje de pudriciones de las frutas y hortalizas

La Figura 2 muestra la existencia de diferencias significativas en el porcentaje de pudriciones (KW= 0,0;  $p < 0,05$ ) de las frutas (cambur, durazno y guayaba) y hortalizas (pimentón, tomate y zanahoria) almacenadas a temperatura ambiente (28-30°C). Los ejemplares de guayaba y cambur registran el porcentaje más elevado de pudriciones; mientras que tomate presenta el menor número de afectados por enfermedades fitosanitarias.

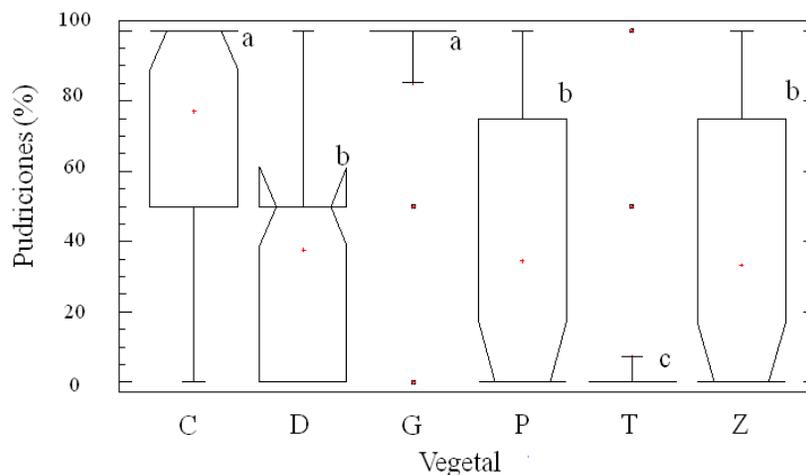


Figura 2. Porcentaje de pudriciones de las frutas y hortalizas almacenadas a temperatura ambiente (28-30°C). C: cambur, D: durazno, G: guayaba, P: pimentón, T: tomate y Z: zanahoria.

El desarrollo de enfermedades fitosanitarias asociadas a hongos en vegetales aparentemente sanos (como los evaluados en este ensayo, Figura 3), puede estar relacionado con la germinación de esporas procedentes del campo (pre o post-cosecha) o durante su transporte y/o manipulación, que contaminan los rubros hortofrutícolas antes de ser adquiridos por los vendedores del Mercado Municipal de Cumaná o después de ser exhibidos en los distintos puntos de venta. Estas esporas permanecen en estado

latente hasta que las condiciones del medio (humedad, O<sub>2</sub> y temperatura, principalmente) son las favorables para su desarrollo (Catalá *et al.*, 2009).

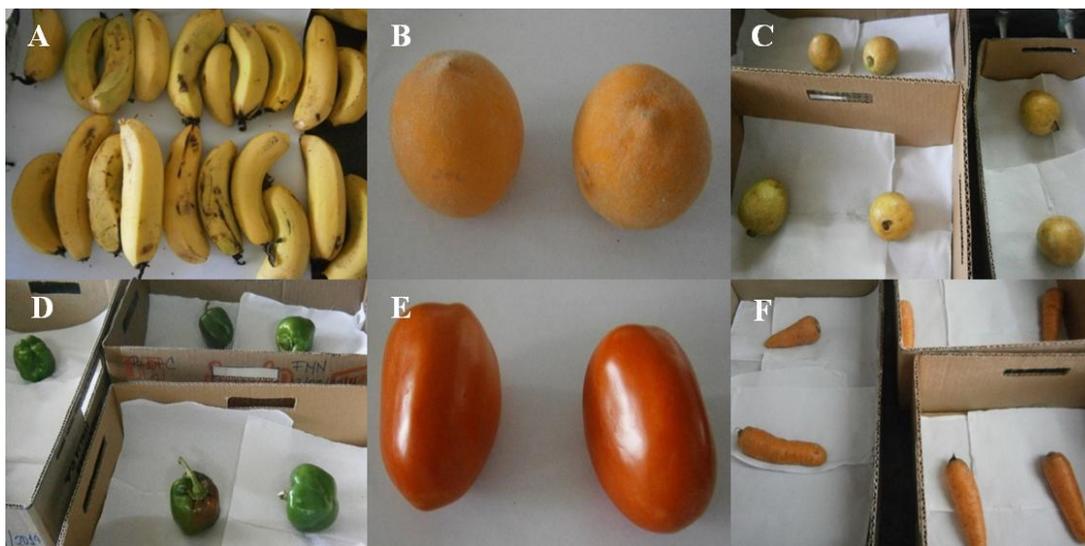


Figura 3. Estado inicial de los ejemplares de frutas y hortalizas almacenados a temperatura ambiente (28-30°C). A: cambur, B: durazno, C: guayaba, D: pimentón, E: tomate y F: zanahoria.

El almacenamiento a temperatura ambiente (28-30°C), proporciona las condiciones ideales para la germinación de las esporas de distintas especies fúngicas, debido a que los hongos presentes durante el período post-cosecha generalmente muestran crecimiento óptimo a 20-25°C, dependiendo de la especie, aunque algunos de ellos responden óptimamente a temperaturas ligeramente superiores. En general, las temperaturas máximas que toleran los hongos para su crecimiento son 32 a 38°C, aunque algunas especies pueden crecer a mayores temperaturas (Garduño, 2011). Por lo tanto, la germinación de esporas y la tasa de crecimiento de patógenos son notoriamente influenciadas por la temperatura (Kader, 1985; Lizana y Ochagavía, 1998; Caballero, 2008; Aguilar, 2012).

Un aspecto fundamental a tener en cuenta en el manejo post-cosecha es que los rubros hortofrutícolas continúan vivos aún después de cosechados. En tal sentido, las frutas y hortalizas continúan respirando, madurando en algunos casos e iniciando

procesos de senescencia, todo lo cual implica una serie de cambios estructurales, bioquímicos y de componentes que son específicos para cada vegetal (FAO, 2000).

Los vegetales adquieren sus propiedades características cuando maduran. El fenómeno de maduración es una serie de eventos genéticamente programados que provoca cambios importantes como el ablandamiento de la textura, el desarrollo de color y la síntesis de una amplia gama de compuestos orgánicos volátiles que constituyen el aroma y gusto característico (Nishiyama *et al.*, 2007). Pueden dividirse en dos grupos de acuerdo con su mecanismo de maduración: climatéricos y no climatéricos. El primer grupo, cuando el vegetal madura, muestra una inmediata producción de etileno que provoca un aumento significativo de la respiración, la cual llega a un máximo y después decae. Los no climatéricos no muestran dicho fenómeno (White, 2002; Rolz, 2011). Los vegetales climatéricos (como cambur, durazno, guayaba y tomate) generalmente se cosechan en estado verde previo a la producción de etileno, mientras que los no climatéricos (como el pimentón), maduran en la planta y se cosechan maduros.

El estado de madurez biológica de las frutas y hortalizas empleadas en este ensayo puede estar influenciando las diferencias en el porcentaje de pudriciones registrado para cada especie, debido a que el ataque de los patógenos por lo general ocurre después de daños mecánicos, físicos o un desorden fisiológico ocasionado por la maduración o senescencia. En general, los vegetales demuestran una resistencia considerable a los patógenos potenciales durante la mayor parte de su vida post-cosecha, pero el inicio de la maduración y la posterior senescencia, los hacen susceptibles a las infecciones de los patógenos (Kader, 1992). Este efecto se observó en el 100% de los ejemplares de cambur y guayaba y el 50% de los de zanahoria (específicamente los almacenados en cajas de cartón) evaluados, los cuales reflejan claramente evidencias de deterioros ocasionadas por hongos (Figura 4 A-C, H, I y O) a los 15 días de incubación; mientras que los observados en pimentón (16,67%), tomate (12,5%) y el 4,17% de los de zanahoria (los cuales fueron almacenados en cajas de plástico) muestran pudriciones blandas características de infecciones causadas por bacterias (Figura 4 K, M y P).

La pudrición blanda es una enfermedad causada frecuentemente por la bacteria *Pantoea carotovora*, que provoca un ablandamiento o hundimiento en la parte afectada, el cual progresa causando descomposición y pudrición de los tejidos afectados con desprendimiento de líquido y un olor fétido (INIA, 2005; Soto, 2010). En las lesiones, la lamela media entre las células se disuelve por la acción de enzimas que degradan la pectina y los tejidos se colapsan en una masa suave (Davis, 2004). La enfermedad se presenta en condiciones de exceso de agua y poca aireación. La bacteria penetra por heridas causadas al vegetal durante su manipulación (Davis, 2004; Soto, 2010).



Figura 4. Estado de ejemplares de frutas y hortalizas almacenados a temperatura ambiente (28-30°C) transcurrido los 15 días de incubación. A-C: cambur, D-G: durazno, H-I: guayaba, J-L: pimentón, M-Ñ: tomate y O-Q: zanahoria.

En el caso particular del tomate (hortaliza que registra el menor número de pudriciones), se puede inferir que al momento de ser sometido a las condiciones de este

ensayo, no había alcanzado su madurez biológica y que el proceso de maduración fue favorecido por dichas condiciones durante los 15 días de incubación. También, es posible considerar que sea una variedad resistente a determinados patógenos fúngicos (ver Tabla D1 del apéndice).

Cabe destacar que el 8,33; 12,5; 45,83 y 87,5% del total de los ejemplares de pimentón, durazno, zanahoria y tomate, respectivamente, sometidos a este ensayo no manifestaron evidencias de deterioros ocasionados por algún patógeno o por el inicio de la etapa de senescencia, por el contrario se pudo observar que a los 15 días de incubación, estos vegetales alcanzaron su estado máximo de maduración biológica, lo que garantiza que estén aptos para su consumo (Figura 4 G, L, N, Ñ y Q); mientras que el 20,83 y 41,67% del total de los ejemplares de durazno y pimentón, respectivamente, reflejan el deterioro característico de la etapa de senescencia, como por ejemplo: ablandamiento del vegetal, cambio en el aroma característico, sabores alcohólicos desagradables, cambios de color y/o aparición de colores pardos en el exocarpo principalmente (Figura 4 F y J).

El etileno es una fitohormona producida por todos los tejidos de las plantas superiores y algunos microorganismos, que regula muchos aspectos del crecimiento y senescencia, de igual manera es fisiológicamente activa a concentraciones muy bajas, menos de 0,1 ppm (Kader, 1992). Es la principal molécula involucrada en estos procesos porque coordina numerosas vías metabólicas esenciales en la maduración de los frutos, como poligalacturonasa (PG), pectinmetilesterasa (PME), 1-aminociclopropano-1-ácido carboxílico (ACC) sintasa y ACC oxidasa (De la Cruz *et al.*, 2010). Su presencia provoca un incremento en los niveles de enzimas hidrolíticas que reblandecen los tejidos, produce hidrólisis de productos almacenados, incrementa la velocidad de respiración y modifica la pigmentación (Reyes *et al.*, 2013).

La tasa de producción de etileno aumenta a medida que el vegetal se acerca a su madurez, por daños físicos, incidencia de enfermedades, aumento en la temperatura

hasta los 30°C y estrés de agua (Kader, 1992).

El etileno sólo es necesario para iniciar el proceso de maduración y la aceleración del proceso depende de la interacción entre el tiempo de exposición y la concentración del etileno en la atmósfera. Una vez que la maduración se inicia, la respuesta no es proporcional a la presencia de etileno, y se requiere una atmósfera rica en oxígeno para completar el proceso (De la Cruz *et al.*, 2010).

El ablandamiento del fruto durante la maduración y/o senescencia es un proceso complejo que resulta de numerosas modificaciones en la arquitectura de la pared celular. Durante este proceso, la degradación de pectinas y hemicelulosas contribuye a la pérdida de integridad de la pared celular (Sharova, 2007), degradación que es catalizada por hidrolasas de la pared celular relacionadas con la maduración en frutos. Entre las hidrolasas más estudiadas están las poligalacturonasas (PGs) (Hadfield y Bennett, 1998).

La aparición de colores pardos durante la senescencia de los frutos es debida al fenómeno de pardeamiento enzimático. Este fenómeno es el resultado de la acción del oxígeno contenido en el aire en combinación con los compuestos polifenólicos de la fruta. En la reacción interviene como catalizador la enzima polifenoloxidasas (PFO), la cual oxida los polifenoles en presencia de oxígeno molecular (O<sub>2</sub>) a las respectivas quinonas, que posteriormente se polimerizan o reaccionan con los grupos amino de diferentes aminoácidos y proteínas formando las melaninas (compuestos pardos) (Espinal, 2010).

La manifestación del pardeamiento enzimático en frutos frescos puede ser ocasionada por daños directos al fruto como cortes y laceraciones, debido a que ocasionan una pérdida en la compartimentalización celular y la posterior interacción de los polifenoles con las enzimas, conllevando a la aparición de síntomas de pardeamiento. La aparición de compuestos pardos en la corteza del fruto también es un síntoma de envejecimiento y estrés oxidativo avanzado característico de los frutos que se encuentran

en la etapa de senescencia y ocasionan el rechazo del fruto por parte del consumidor (Ayaz *et al.*, 2008).

En la Figura 5 (A, C, D y F) se muestra que existen diferencias estadísticamente significativas del efecto del material de las cajas de almacenamiento sobre el porcentaje de pudriciones registrados por los ejemplares de cambur, guayaba, pimentón y zanahoria; mientras que los ejemplares de durazno y tomate (Figura 5 B y E) no reflejan la existencia de diferencias significativas. En el caso particular de las muestras de cambur, guayaba y pimentón empleadas en este ensayo, se puede apreciar que las cajas de plástico registran el porcentaje de pudriciones más elevado en comparación con las cajas de cartón; mientras que en los ejemplares de zanahoria se manifiesta el efecto contrario, es decir, las cajas de cartón reportan el mayor porcentaje de pudriciones.

Los resultados pueden estar relacionados con las cualidades propias del material de la caja de almacenamiento, debido a que las cajas de plástico no absorben la humedad generada por la acelerada respiración y/o transpiración de los vegetales almacenados en ellas, por lo que ésta se condensa en pequeñas gotas (Figura 6), lo cual eleva la humedad relativa que favorece la brotación en la zanahoria, la esporulación de hongos en cultivos como: cambur y guayaba y la pudrición bacteriana en pimentón. Estos resultados concuerdan con lo expresado por EDA (2006), que señala que la alta humedad relativa puede causar problemas con algunos cultivos, más que todo con la brotación y problemas de infecciones secundarias con hongos.

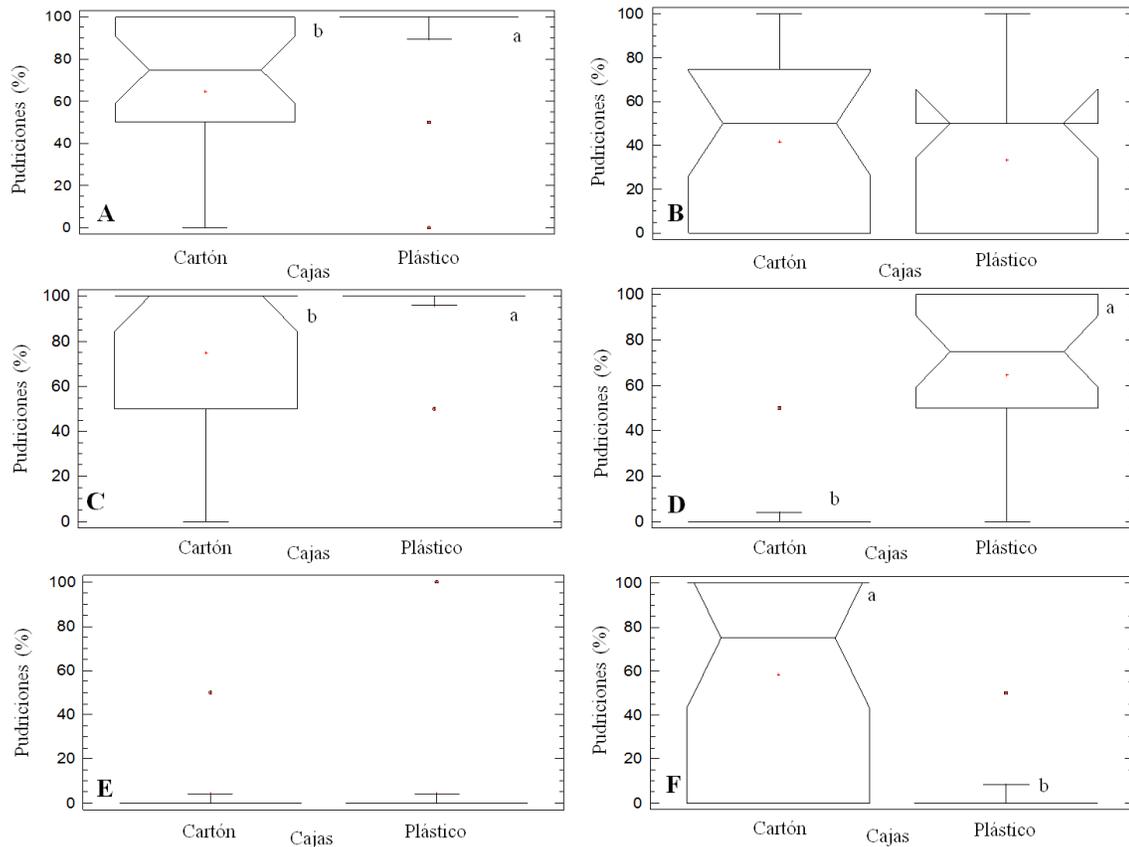


Figura 5. Efecto del material de las cajas sobre el porcentaje de pudriciones de las frutas y hortalizas almacenadas a temperatura ambiente (28-30°C). A: cambur (KW=0,00900144;  $p < 0,05$ ); B: durazno (KW=0,504076;  $p > 0,05$ ); C: guayaba (KW=0,0143935;  $p < 0,05$ ); D: pimentón (KW=6,38884 x 10<sup>-7</sup>;  $p < 0,05$ ); E: tomate (KW=0,429075;  $p > 0,05$ ) y F: zanahoria (KW=0,0;  $p < 0,05$ ).



Figura 6. Estado de las cajas de plástico durante el almacenamiento a temperatura ambiente (28-30°C) de las frutas y hortalizas.

Las cajas de cartón corrugado usualmente presentan ranuras de ventilación (Figura 7). El número, dimensión y distribución de estos orificios permite la ventilación

requerida para que las frutas se enfríen y respiren; por otra parte, la caja no pierde su resistencia mecánica (Raimondo y Espejo, 2002). Adicionalmente, ya que este material está hecho a base de fibras vegetales y de madera, lo convierte en higroscópico, el cual tiende a absorber la humedad de la atmósfera alrededor y de los productos empacados (Álvarez *et al.*, 2004). Si el aire está seco (baja humedad relativa), la humedad será tomada de los productos almacenados acelerando su senescencia, que en el caso particular de la zanahoria, disminuye su resistencia a las enfermedades ocasionadas por hongos.

Los datos registrados del porcentaje de pudriciones de los ejemplares de cambur, durazno, guayaba, pimentón y zanahoria, mostrados en las Figuras 8 A, B, C, D y F, respectivamente, no muestran diferencias estadísticamente significativas entre el porcentaje de pudriciones reflejado por los vegetales sin lavar y los lavados superficialmente con agua de chorro. Sin embargo, en la Figura 8E, se puede apreciar que existen diferencias significativas, siendo los tomates lavados superficialmente los que registran el mayor número de pudriciones en comparación con los almacenados en su estado natural (sin lavar).



Figura 7. Cajas de cartón empleadas para el almacenamiento a temperatura ambiente (28-30°C) de las frutas y hortalizas.

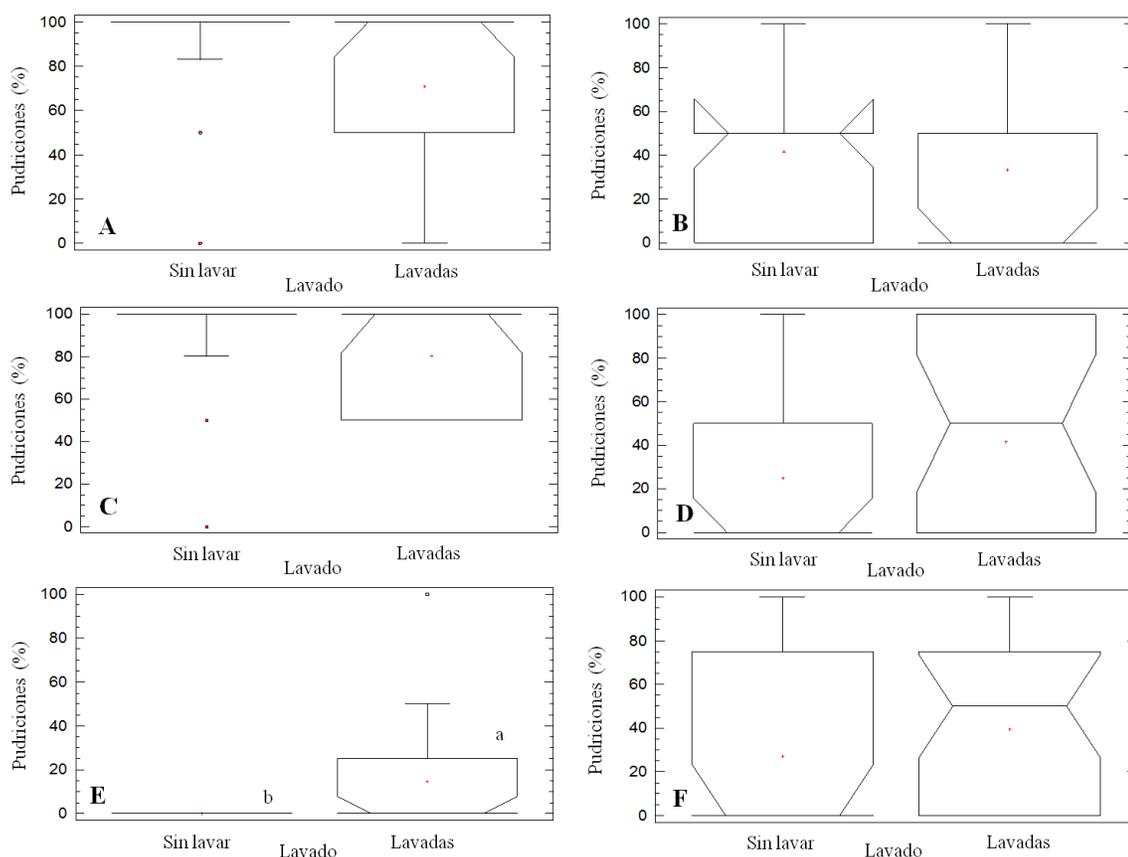


Figura 8. Efecto del lavado de la superficie de las frutas y hortalizas almacenadas a temperatura ambiente (28-30°C) sobre el porcentaje de pudriciones. A: cambur (KW= 0,16514;  $p>0,05$ ); B: durazno (KW=0,349619;  $p>0,05$ ); C: guayaba (KW=0,473193;  $p>0,05$ ); D: pimentón (KW=0,200772;  $p>0,05$ ); E: tomate (KW=0,00965192;  $p<0,05$ ) y F: zanahoria (KW=0,20786;  $p>0,05$ ).

El lavado superficial con agua de chorro de los ejemplares de tomate puede estar reduciendo su resistencia a la pudrición blanda causada por *Pantoea carotovora*, debido a que durante este proceso se humedece el exocarpo y se pueden generar heridas o lesiones que faciliten la penetración y proliferación de la bacteria en esta hortaliza. Adicionalmente, existe evidencia de que microorganismos superficiales protegen los frutos de los patógenos (Agrios, 2005).

*Pantoea carotovora* es considerada usualmente como una bacteria oportunista asociada con la pudrición blanda de los tejidos suculentos de un amplio rango de hospederos (Kunstmann, 2004). El patógeno se encuentra a menudo como infección

latente o, con mayor frecuencia, extracelularmente como contaminante o comensal de muchos hospederos cultivados. Cuando las condiciones lo favorecen, la multiplicación del patógeno se incrementa desarrollando podredumbre como consecuencia (Wright y Burge, 2000).

Los factores que perturban el equilibrio entre el patógeno y el hospedero son conocidos. Un factor que permite la iniciación de la podredumbre, es la presencia de agua condensada sobre los vegetales, lo que aumenta la turgencia del tejido y en consecuencia, su susceptibilidad a la enfermedad. El agua a su vez, disminuye el contenido de oxígeno causando pérdida de los contenidos celulares, al afectar la integridad de la membrana (Kunstmann, 2004).

El efecto del tiempo de incubación (5, 8, 12 y 15 días) sobre el porcentaje de pudriciones de los rubros hortofrutícolas (cambur, durazno, guayaba y zanahoria) almacenados a temperatura ambiente se observa en las Figuras 9 A, B, C y F, en las cuales se muestran diferencias estadísticamente significativas, siendo el mayor tiempo de incubación (15 días) de estos rubros bajo las condiciones del ensayo el que registra el mayor número de pudriciones, mientras que los ejemplares de pimentón y tomate (Figura 9 D y E) muestran diferencias no significativas.

El tiempo de almacenamiento es uno de los factores determinantes para la proliferación de microorganismos. Entre más largo sea este tiempo, mayor riesgo para el alimento de tener proliferación microbiana (Aguilar, 2012).

La durabilidad o vida útil o de anaquel de los vegetales frescos depende de la variedad, las condiciones del producto al momento de la cosecha (por ejemplo: daño mecánico, contaminación microbiana y grado de madurez), la temperatura y la humedad relativa del sistema de almacenamiento (Orrego, 2003; Aguilar, 2012).

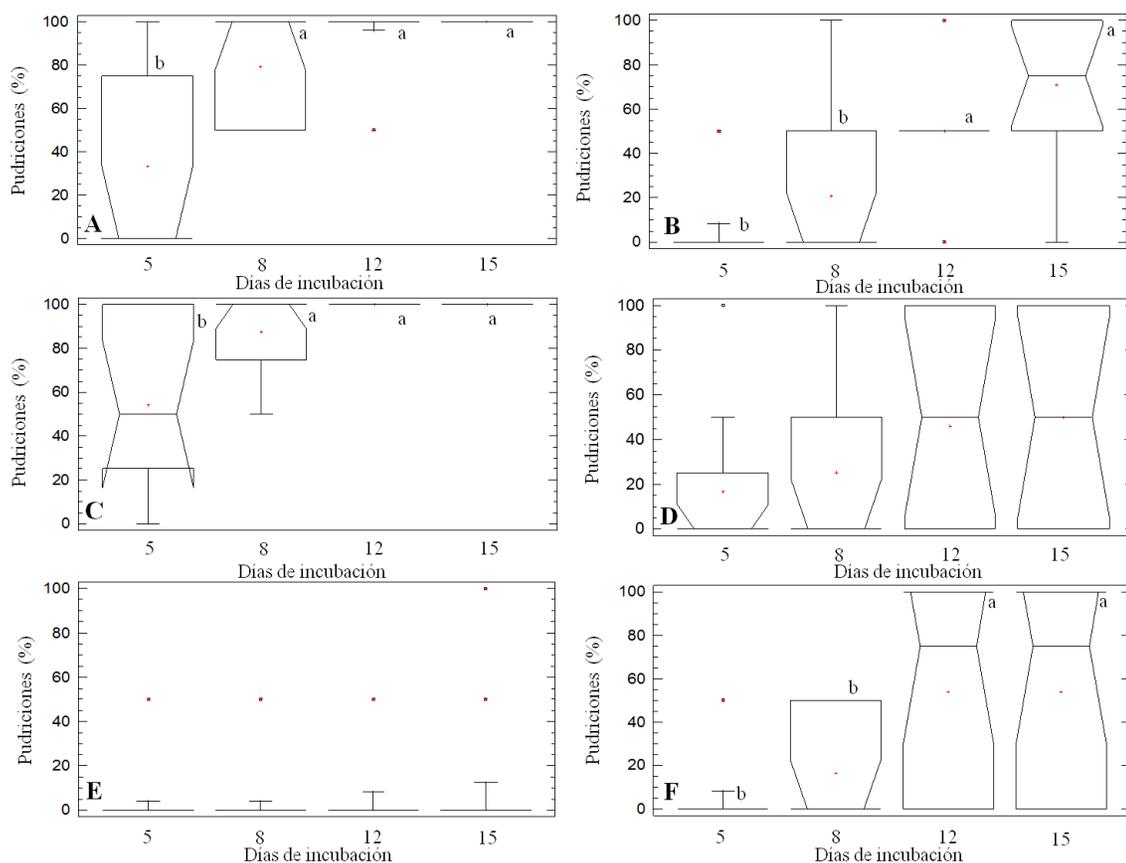


Figura 9. Efecto del tiempo de incubación (en días) sobre el porcentaje de pudriciones de las frutas y hortalizas almacenadas a temperatura ambiente (28-30°C). A: cambur (KW= 0,0000622971;  $p < 0,05$ ); B: durazno (KW=0,000127942;  $p < 0,05$ ); C: guayaba (KW=0,000142244;  $p < 0,05$ ); D: pimentón (KW=0,172507;  $p > 0,05$ ); E: tomate (KW=0,84628;  $p > 0,05$ ) y F: zanahoria (KW=0,0200595;  $p < 0,05$ ).

### 1.2.- Porcentaje de pérdida de masa de las frutas y hortalizas

La Figura 10 muestra que existen diferencias significativas en el porcentaje de pérdida de masa (KW= 0,0;  $p < 0,05$ ) de las frutas (cambur, durazno y guayaba) y hortalizas (pimentón, tomate y zanahoria) almacenadas a temperatura ambiente (28-30°C). Los ejemplares de durazno registran el porcentaje más elevado de pérdida de masa mientras que los de tomate presentan el menor valor. Estas diferencias en la pérdida de masa de las distintas especies vegetales evaluadas en este ensayo puede deberse a la naturaleza del sistema dermal, que es la cubierta protectora externa que regula su pérdida de agua (Giménez, 2012).

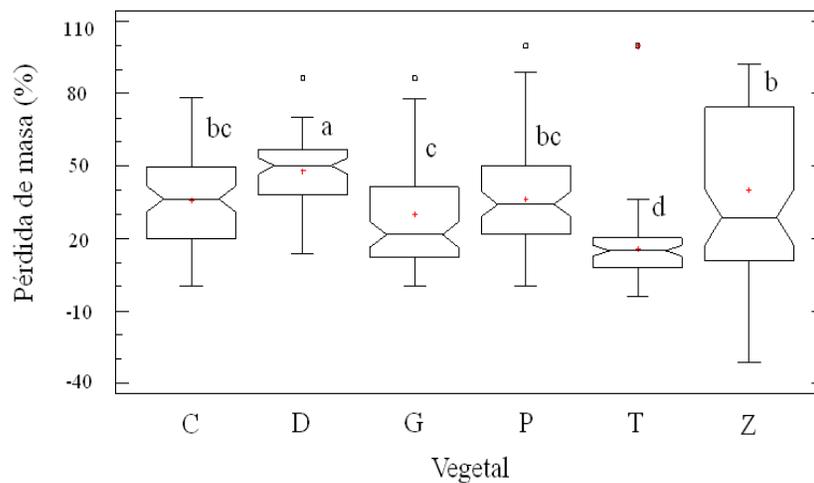


Figura 10. Porcentaje de pérdida de masa de las frutas y hortalizas almacenadas a temperatura ambiente (28-30°C). C: cambur, D: durazno, G: guayaba, P: pimentón, T: tomate y Z: zanahoria.

El sistema dermal incluye la cutícula, las células epidérmicas, los estomas, las lenticelas y los tricomas (Kader, 1992). La cutícula está compuesta de ceras en la superficie, cutina incrustada en la cera y una capa mezclada de cutina, cera y polímeros de carbohidratos (Agrios, 2005). El grosor, la estructura y la composición química de la cutícula varían entre las diferentes especies vegetales así como entre los diferentes estados de desarrollo de un rubro dado (Kader, 1992; Giménez, 2012).

La pérdida de agua es la principal responsable del deterioro de los rubros hortofrutícolas porque no sólo provoca pérdidas cuantitativas (pérdida de masa comercial), sino también pérdidas de apariencia (ablandamiento, arrugado, flacidez), y pérdida de calidad nutritiva (Giménez, 2012). La pérdida de agua hace que los tejidos se vuelvan menos turgentes y pierdan firmeza, al mismo tiempo que la masa se reduce.

La rapidez con que el fruto pierde agua depende de varios factores, siendo los que más influyen el estado de desarrollo del producto, la temperatura y el genotipo o variedad (Giménez, 2012). Los frutos recolectados más tiernos se deshidratan más fácilmente, debido a que su sistema dermal está menos formado. La pérdida de agua es normalmente mayor cuanto mayor es la temperatura de conservación. Sin embargo, en la

práctica puede suceder al revés si la cámara frigorífica carece de un buen sistema de control de humedad relativa (Giménez, 2012).

El efecto del material de las cajas de almacenamiento (cartón y plástico) sobre el porcentaje de pérdida de masa de los rubros hortofrutícolas (Figura 11), registra la existencia de diferencias significativas, donde los ejemplares almacenados en cajas de plástico presentan los valores de pérdida de masa más bajos en comparación con los almacenados en cajas de cartón.

La pérdida de masa de los rubros hortofrutícolas post-cosecha está relacionada con el aumento de la respiración y transpiración de los vegetales almacenados, causado principalmente por las altas temperaturas (28-30°C) y la humedad relativa a la que son expuestos estos rubros en las distintas cajas de almacenamiento.

La respiración es el proceso mediante el cual las reservas orgánicas (carbohidratos, proteínas, lípidos) son degradados a productos finales simples con una liberación de energía y producción de CO<sub>2</sub> (Orrego, 2003). Las pérdidas de las reservas de los vegetales durante este proceso ocasiona: 1) una aceleración de la senescencia conforme las reservas que mantienen vivo al producto se agotan, 2) una reducción en el valor nutritivo (valor energético) para el consumidor, 3) pérdida en la calidad de sabor, especialmente la dulzura, y 4) pérdida de la masa vendible (Kader, 1992; Flores, 2009).

La respiración es el principal proceso fisiológico que regula la mayoría de las alteraciones bioquímicas que se traducen en alteraciones de color, sabor y aroma (Sarria *et al.*, 2008). A su vez la tasa respiratoria es función de diversos factores intrínsecos y extrínsecos como la variedad de la fruta, el punto de cosecha (grado de madurez), la temperatura ambiente, la concentración de gases alrededor del producto y los daños mecánicos ocasionados en la fruta (Chitarra y Chitarra, 2005; Ferreira *et al.*, 2005).

En frutas y hortalizas el fenómeno de la transpiración, que es la eliminación de

vapor de agua a través de aberturas microscópicas en la epidermis, reviste igual importancia que el de la respiración. Esta pérdida de agua no tiene compensación y por lo tanto se traduce en pérdidas de masa considerable, arrugado de la piel, etc. (Reina *et al.*, 1998). A medida que el proceso de transpiración avanza, la apariencia del fruto se deteriora, al igual que su elasticidad y resistencia mecánica, volviéndose blando y marchito reduciendo su valor comercial e incrementando su susceptibilidad a sufrir daños mecánicos y ataques de patógenos (Flores, 2009; Espinal, 2010).

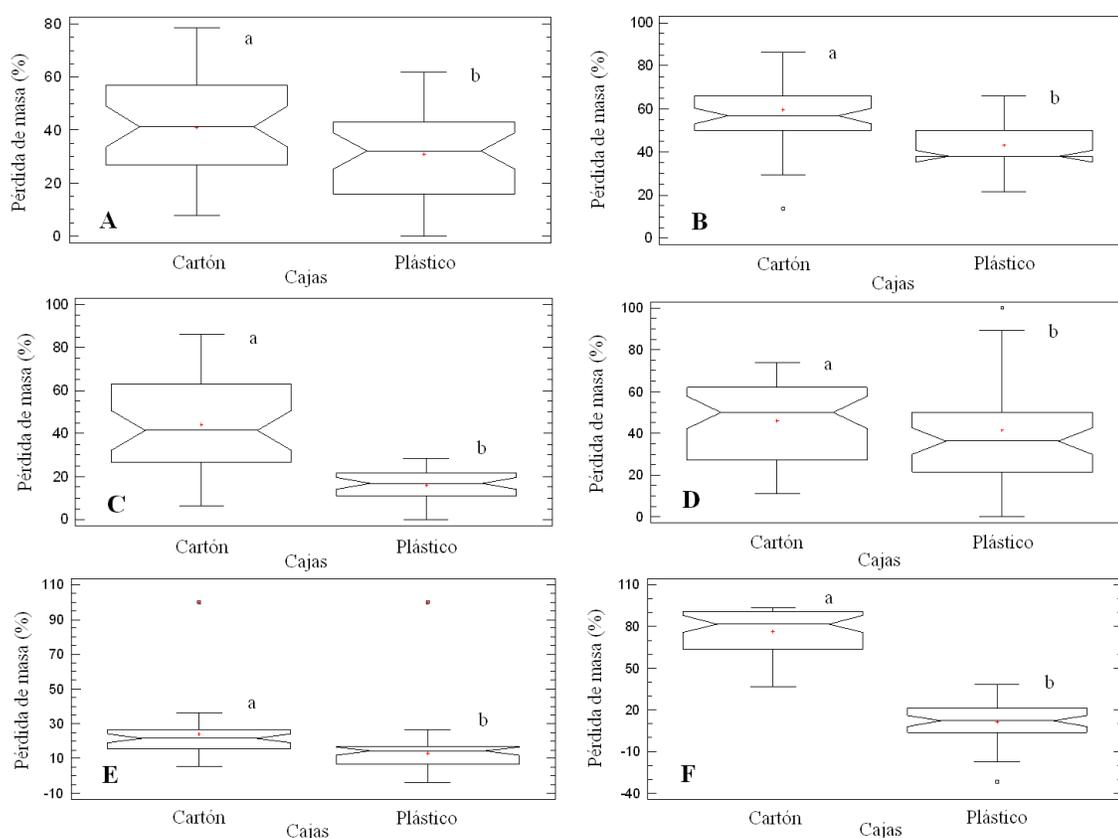


Figura 11. Efecto del material de las cajas sobre el porcentaje de pérdida de masa de las frutas y hortalizas almacenadas a temperatura ambiente (28-30°C). A: cambur (KW=0,0448551;  $p < 0,05$ ); B: durazno (KW=1,2282 x 10<sup>-8</sup>;  $p < 0,05$ ); C: guayaba (KW=2,68194 x 10<sup>-8</sup>;  $p < 0,05$ ); D: pimentón (KW=0,0468074;  $p < 0,05$ ); E: tomate (KW=9,43944 x 10<sup>-7</sup>;  $p < 0,05$ ) y F: zanahoria (KW=0,0;  $p < 0,05$ ).

La transpiración es afectada por factores como el tamaño del producto, la especie o variedad del rubro (cada vegetal tiene un ritmo característico de transpiración),

naturaleza de la piel, daños por manipulación o microorganismos (que aceleran la deshidratación), la humedad relativa alrededor de los productos, temperaturas altas y movimiento del aire o ventilación (Reina *et al.*, 1998; López, 2000; Espinal, 2010).

La humedad relativa es la cantidad de agua presente en la atmósfera y es el principal factor que afecta la transpiración ya que la mayoría de las frutas y hortalizas contienen agua en un promedio de 85 a 95% de su peso y si la humedad relativa alrededor de estos productos es menor, el agua interna empieza a salir y se deshidratan (Catalá *et al.*, 2009; López, 2000). La temperatura muestra una gran influencia también en la transpiración ya que a medida que aumenta ésta, el agua interna del producto también tiende a salir para equilibrar el estado de calor (López, 2000).

Como consecuencia del efecto combinado de la respiración y transpiración de los rubros hortofrutícolas evaluados que fueron almacenados en las cajas de cartón, se desarrollan cambios no deseados, como por ejemplo: pardeamiento enzimático del exocarpo, necrosis y ablandamiento de los tejidos y endurecimiento por desecación, debido a que el material de la caja tiene la facultad de absorber la humedad. Mientras que en los vegetales almacenados en las cajas de plástico, los cambios evidenciados fueron: acumulación de vapor de agua en el interior del envase, generación y acumulación de agua líquida, y condensación sobre el material de envasado, con el consiguiente deterioro de la apariencia del producto que puede llevar a rechazo por parte del consumidor.

Los datos registrados del porcentaje de pérdida de masa de los rubros hortofrutícolas seleccionados para este ensayo, en su estado natural (sin lavar) y lavados superficialmente con agua de chorro, mostrados en la Figura 12, no presentan diferencias significativas. Estos resultados se deben probablemente a que la finalidad del lavado superficial de los vegetales es la eliminación de impurezas y la reducción de la carga microbiana presente en el exocarpo (Caballero, 2008), por lo tanto, este proceso no afecta el sistema dermal de los rubros, por lo que la pérdida de agua y

consecuentemente la pérdida de masa, son independientes del estado (sin lavar o lavado) de los ejemplares que son almacenados en los distintos envases a temperatura ambiente (28-30°C).

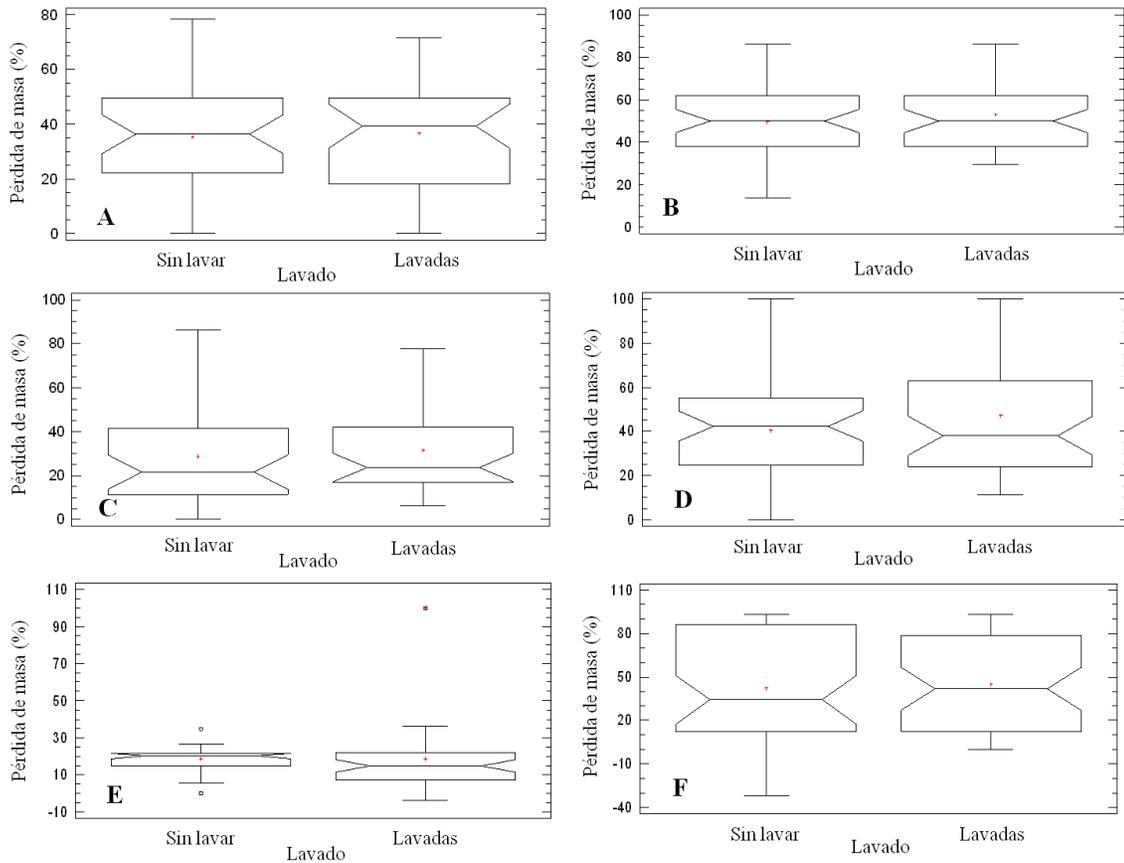


Figura 12. Efecto del lavado de la superficie de las frutas y hortalizas almacenadas a temperatura ambiente (28-30°C) sobre el porcentaje de pérdida de masa. A: cambur (KW= 0,554084;  $p>0,05$ ); B: durazno (KW=0,547379;  $p>0,05$ ); C: guayaba (KW=0,355474;  $p>0,05$ ); D: pimentón (KW=0,434646;  $p>0,05$ ); E: tomate (KW=0,0876736;  $p>0,05$ ) y F: zanahoria (KW=0,83438;  $p>0,05$ ).

La Figura 13 representa el efecto del tiempo de incubación (en días) sobre el porcentaje de pérdida de masa de los ejemplares de cambur, durazno, guayaba, pimentón, tomate y zanahoria almacenados a temperatura ambiente (28-30°C). Estos diagramas reflejan la existencia de diferencias significativas entre los días de incubación y la pérdida de masa, siendo el día 5, el que registra los valores más bajos de esta

variable en cada uno de los rubros evaluados. Adicionalmente, se puede apreciar que a medida que transcurren los días de incubación se acentúa la pérdida de masa en las frutas y hortalizas, registrándose los mayores valores en el día 12 o 15, de acuerdo con la especie vegetal evaluada.

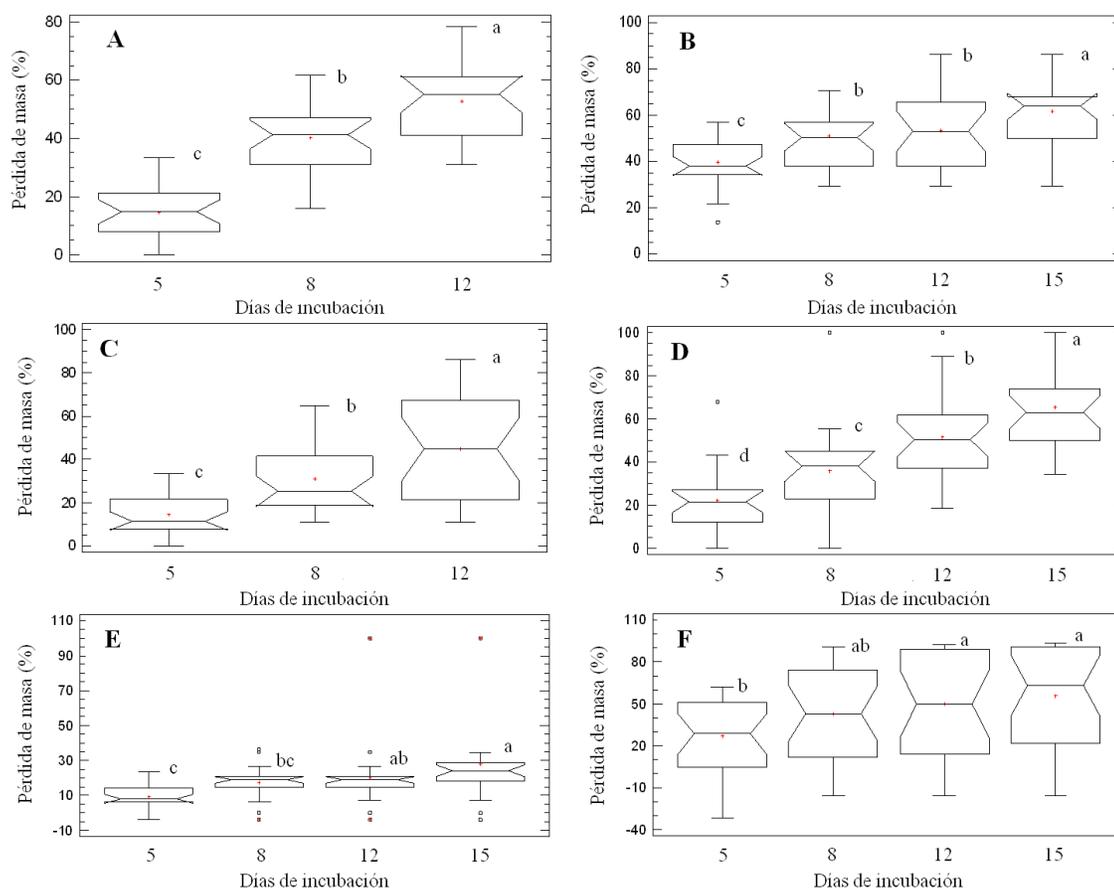


Figura 13. Efecto del tiempo de incubación (en días) sobre el porcentaje de pérdida de masa de las frutas y hortalizas almacenadas a temperatura ambiente (28-30°C). A: cambrú (KW= 4,17759x 10<sup>-11</sup>; p<0,05); B: durazno (KW=0,0000144624; p<0,05); C: guayaba (KW=0,0000078494; p<0,05); D: pimentón (KW=2,04302x 10<sup>-9</sup>; p<0,05); E: tomate (KW=0,00000718048; p<0,05) y F: zanahoria (KW=0,00686015; p<0,05).

Las diferencias en el porcentaje de pérdida de masa de los ejemplares de frutas y hortalizas evaluados en este ensayo durante los días de incubación (5, 8, 12 y 15) puede deberse principalmente al estado de madurez de los mismos, debido a que para satisfacer la demanda de vegetales frescos en los mercados nacionales y prolongar el tiempo de

comercialización, los frutos se cosechan en estado verde inmaduro o quebrante (Dávila-Aviña *et al.*, 2011), ya que la etapa de madurez es un factor crítico en la calidad post-cosecha de los vegetales, especialmente en los climatéricos como: cambur, guayaba, durazno y tomate (Yilmaz *et al.*, 2002). Por lo tanto, estos rubros inicialmente (día 5) registran el porcentaje de pérdida de masa más bajo, pero a medida que transcurren los días y se evidencian el aumento de los niveles de etileno producidos por los tejidos y los cambios provocados por el estado de maduración, se aceleran los procesos de respiración y transpiración, que ocasionan la pérdida de turgencia de las células y consecuentemente, la pérdida de su masa y longevidad comercial (Bower *et al.*, 2003; Guzmán y León, 2007).

El pimentón y la zanahoria a pesar de que su maduración no depende de los niveles de etileno endógeno, presentan un efecto similar del tiempo de incubación sobre el porcentaje de pérdida de masa que el cambur, guayaba, durazno y tomate, lo cual puede deberse a que estas hortalizas son cosechadas “maduras” de la planta y con el paso del tiempo de almacenamiento se acentúa el ablandamiento de los tejidos debido a enzimas hidrolíticas que degradan la pared celular, provocando que el mesocarpo pierda su textura y turgencia celular (Chan-Jr *et al.*, 1981; Paull y Chen, 1983; Marangoni *et al.*, 1995; Espinal, 2010).

## **2.- Caracterización fenotípica, identificación taxonómica de los hongos fitopatógenos y pruebas de patogenicidad**

En los ejemplares de las frutas evaluadas en este trabajo (cambur, guayaba y durazno) se identificaron seis especies de hongos fitopatógenos en total: *Aspergillus niger*, *Penicillium digitatum*, *Aspergillus flavus*, *Penicillium* sp. 1, *Botrytis cinerea* y *Penicillium* sp. 2.

### 2.1.- *Aspergillus niger*

#### 2.1.1.- Clasificación taxonómica

Reino: Fungi

División: Deuteromycota

Subdivisión: Deuteromycotina

Clase: Deuteromycetes

Orden: Moniliales

Familia: Moniliacea

Género: *Aspergillus*

Especie: *Aspergillus niger*

### 2.1.2.- Características

#### 2.1.2.1.- Macroscópicas

Colonia de color negro con crecimiento rápido (< 7 días), textura pulverulenta y sin producción de exudados (Figura 14). Inicialmente, es blanca algodonosa pero se torna negra pulverulenta cuando el hongo produce sus conidios (Ashidi *et al.*, 2012). La producción de conidios se observa, por la presencia en la superficie del micelio de puntos negros similares a la pimienta, que pueden volverse tan densas con el tiempo hasta formar grandes parches (Alarcón, 2006). El reverso de la colonia es de color crema con textura aterciopelada.

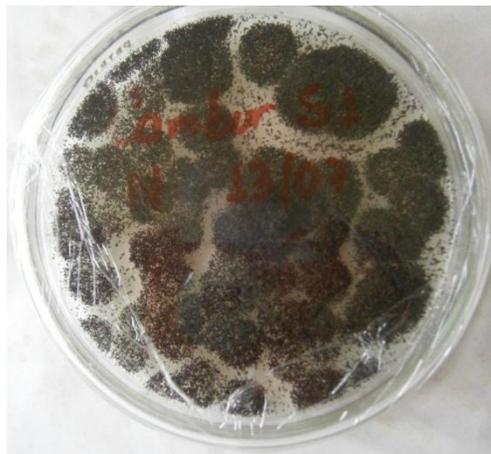


Figura 14. Colonia de *Aspergillus niger*.

#### 2.1.2.2.- Microscópicas

Hifas hialinas de 4,8  $\mu\text{m}$  de diámetro. Conidióforo sin septos y con vesícula

marrón globosa a subglobosa (Figura 15), sobre la cual se disponen fiálides con conidios globosos a subglobosos de 2,4-3,6  $\mu\text{m}$  de diámetro, de color marrón a negro y ornamentados con espinas irregulares (Guevara *et al.*, 2007; Ashidi *et al.*, 2012).

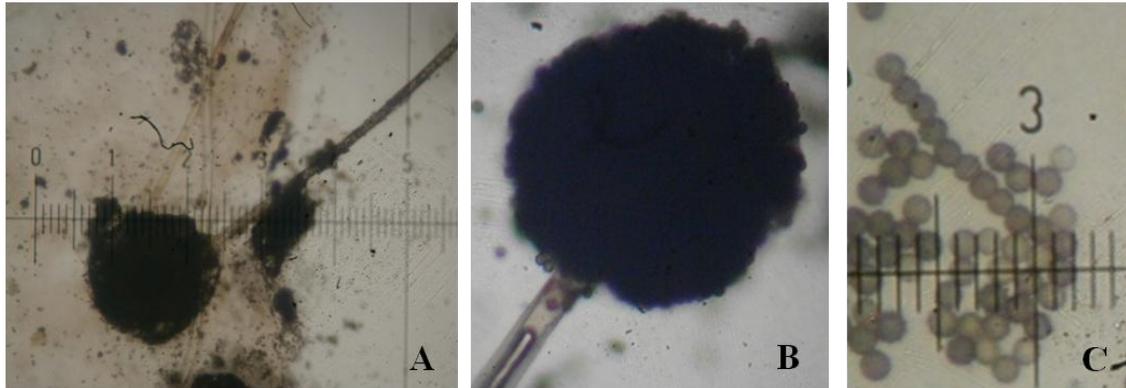


Figura 15. *Aspergillus niger*. A-B: conidióforos y C: conidios.

### 2.1.3.- Pruebas de patogenicidad

*Aspergillus niger* causa en el cambur y el durazno podredumbres post-cosecha, con apariencia de un moho negro. En los ejemplares de cambur (Figura 16), los síntomas de la enfermedad se manifestaron el día 4, con la aparición de manchas necróticas circulares (Figura 16A) en las heridas previamente inoculadas con la suspensión de conidios de este patógeno. En el día 5, las manchas crecieron y se cubrieron de un micelio blanco (Figura 16B), que durante el día 6 se torna negro (debido a la producción de conidios, Figura 16C). En los bordes de la colonia, persistió la presencia del micelio blanco, el cual representa la zona de crecimiento de la cepa. Este patógeno cubrió casi el 50% del exocarpo de los ejemplares de cambur en 7 días (Figura 16 D-E).

El moho negro en los ejemplares de durazno (Figura 17) se manifestó el cuarto día después de la inoculación del patógeno como manchas pardas y zonas arrugadas alrededor de las heridas (Figura 17A), estas últimas debidas principalmente a la pérdida de agua del fruto ocasionada por un aumento notable de su transpiración. Estas lesiones en pocas horas se cubrieron de un micelio blanco que rápidamente se tornó negro pulverulento (Figura 17 A-B).

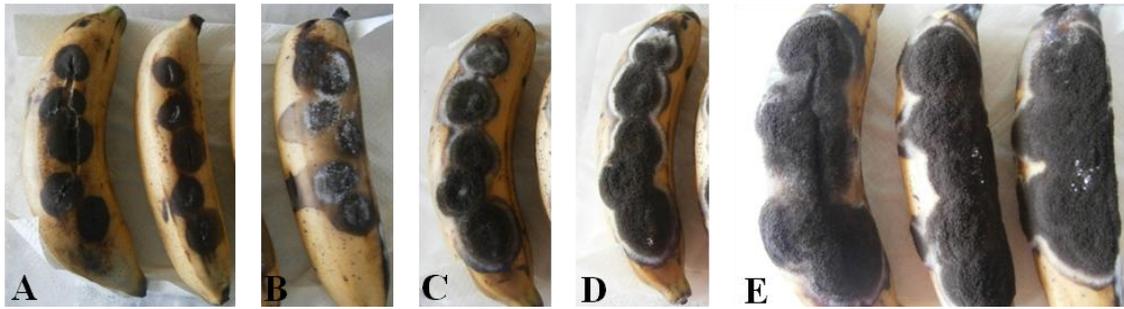


Figura 16. Desarrollo de los síntomas de la enfermedad y los signos de *Aspergillus niger* en los ejemplares de cambur. A: día 4, B: día 5, C: día 6 y D-E: día 7.

*A. niger* en algunos casos (durante el día 6) produjo pequeñas gotas transparentes sobre la cepa (Figura 17C), que se tornaron de color miel a ámbar durante el día 7, momento en el cual puede cubrir del 50 al 100% del exocarpo del fruto (Figura 17 D-E).



Figura 17. Desarrollo de los síntomas de la enfermedad causada por *Aspergillus niger* en los ejemplares de durazno. A: día 4, B: día 5, C: día 6 y D-E: día 7.

*A. niger* es un hongo filamentoso saprófito que habita en el suelo, el aire, restos orgánicos y alimentos que causa el moho negro en los vegetales después de la cosecha (Shahbaz *et al.*, 2015). Este hongo produce micotoxinas que estropean los alimentos, conocidas como ocotaxinas (Gautam y Bhadauria, 2008). Produce diversos compuestos de gran interés para las industrias farmacéutica y de alimentos (enzimas, ácidos orgánicos), y es el principal productor de ácido cítrico a nivel industrial por cultivo líquido (Sáez *et al.*, 2002; Alarcón, 2006; Reyes-Ocampo *et al.*, 2013). También es utilizado para la obtención de enzimas a nivel industrial, como la  $\alpha$ -Amilasa, amiloglicosidasa, catalasa, celulasa,  $\alpha$ -Galactosidasa,  $\beta$ -Galactosidasa,  $\beta$ -Gluconasa, glucoamilasa, glucosa aerodeshidrogenasa, glucosa oxidasa,  $\alpha$ -Glucosidasa,  $\alpha$ -D-Glucosidasa,  $\beta$ -Glucosidasa, hemicelulasa, hesperidinas, invertasa, lipasa,

pectinasa, pitasa, proteasa y tanasa (López *et al.*, 2006).

## 2.2.- *Penicillium digitatum*

### 2.2.1.- Clasificación taxonómica

Reino: Fungi

División: Deuteromycota

Subdivisión: Deuteromycotina

Clase: Deuteromycetes

Orden: Moniliales

Familia: Moniliacea

Género: *Penicillium*

Especie: *Penicillium digitatum*

### 2.2.2.- Características

#### 2.2.2.1.- Macroscópicas

Colonia algodonosa blanca que se torna granular de color verde olivo (Ariza *et al.*, 2002) cuando el hongo comienza a producir sus conidios (Figura 18 A-C). El tiempo necesario para la esporulación de este patógeno depende de la temperatura y humedad relativa. Cepa de crecimiento rápido (< 7 días) y sin producción de exudados. El color de la colonia se oscurece con el tiempo tornándose marrón-verdoso. El reverso de la colonia es de color verde claro con textura aterciopelada.

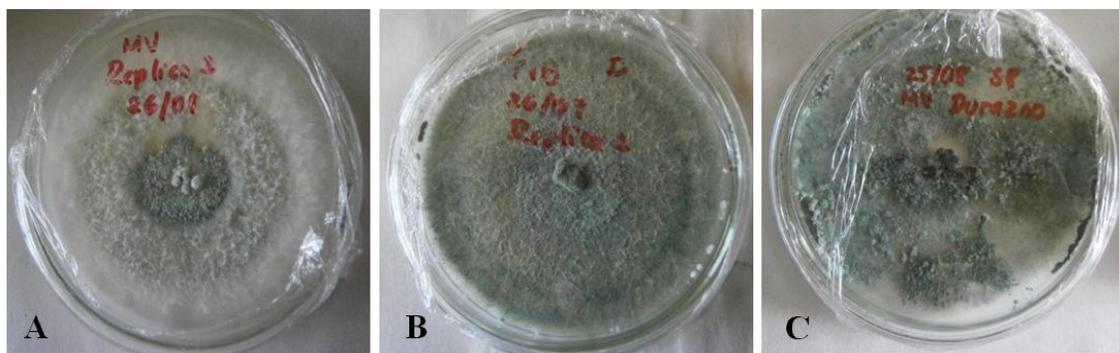


Figura 18. Colonia de *Penicillium digitatum*. A: textura inicial, B y C: textura de la colonia cuando produce los conidios.

#### 2.2.2.2.- Microscópicas

Hifas septadas hialinas con conidios globosos (2,4 a 4,8  $\mu\text{m}$  de diámetro) de color verde olivo (Figura 19), los cuales le proporcionan el color característico de la colonia, dispuestos en fiálides sobre conidióforos, formando una estructura parecida a un pincel.

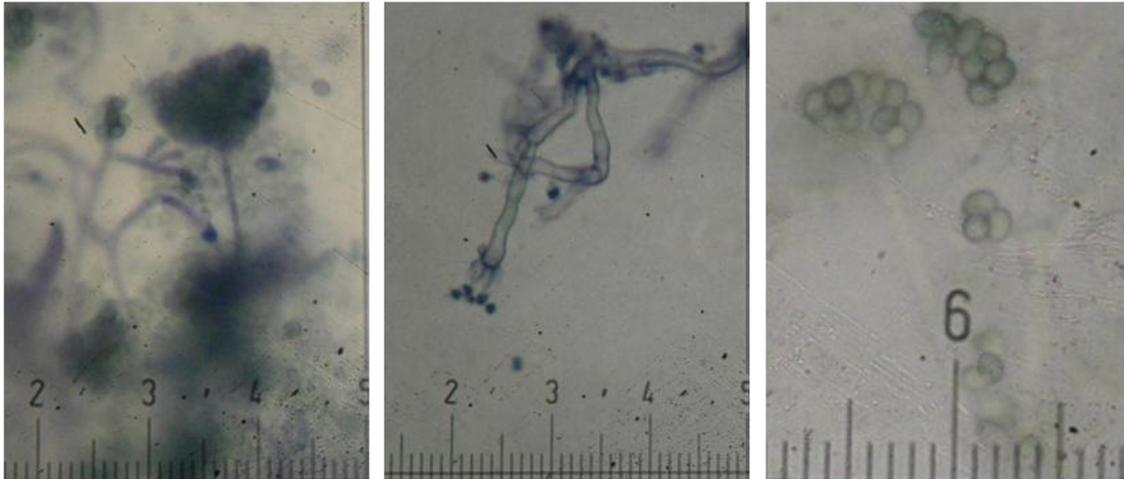


Figura 19. Conidióforos de *Penicillium digitatum*.

#### 2.2.3.- Pruebas de patogenicidad

*Penicillium digitatum* provoca el moho verde en los ejemplares de durazno criollo evaluados en esta investigación. El primer síntoma fue una mancha redonda sobre la superficie del fruto (evidenciada el cuarto día de incubación, Figura 20A). Si la temperatura es favorable (superior a los 25°C), la lesión crece rápidamente (día 5, Figura 20B) y se cubre con un micelio blanco que pronto se hace verde oliva al producir esporas (día 6, Figura 20 C y D). Finalmente, en el día 7 (Figura 20 E y F), el moho verde oliva cubrió la totalidad del exocarpo de los frutos de durazno.

Las esporas de *P. digitatum* pueden sobrevivir en el suelo y en las cajas y sitios de almacenamiento durante largos periodos; las corrientes de aire las transportan hasta la superficie de los frutos (Juárez-Becerra *et al.*, 2010), donde permanecen en estado de latencia, hasta que el exocarpo sufre daños durante la manipulación pre o post-cosecha

del durazno. La humedad elevada en los sitios de almacenamiento favorece el crecimiento de este microorganismo en los frutos (Smith *et al.*, 1998; Ariza *et al.*, 2002).



Figura 20. Desarrollo de los síntomas de la enfermedad y los signos de *Penicillium digitatum* en los ejemplares de durazno. A: día 4, B: día 5, C-D: día 6 y E-F: día 7.

*P. digitatum* es un patógeno de heridas necrotróficas que ataca al fruto en el campo, predominantemente, estando el fruto en el árbol o durante su recolección, pero también puede contaminarlo en la etapa post-cosecha durante su transporte, almacenamiento, envasado, distribución y comercialización (Muñoz, 2008). Para el inicio de su actividad patogénica, requiere que el exocarpo de la fruta presente heridas preexistentes para facilitar su penetración y colonización, que se caracteriza por el uso de las enzimas de maceración. Sorprendentemente, y a pesar de poseer un mecanismo de la infección lugar inespecífica, *P. digitatum* exhibe un alto grado de especificidad de hospedero y no ha sido descrito en otros patosistemas fuera de los cítricos, especialmente en climas áridos y subtropicales (Marcet-Houben *et al.*, 2012).

Las condiciones climáticas y de cultivo (variedad en cultivares, aplicación de

fertilizantes, tipo de suelo, entre otros) pueden determinar la susceptibilidad de los frutos a las enfermedades, maduración, manejo y almacenamiento (Ochoa *et al.*, 2007).

### 2.3.- *Aspergillus flavus*

#### 2.3.1.- Clasificación taxonómica

Reino: Fungi

División: Deuteromycota

Subdivisión: Deuteromycotina

Clase: Deuteromycetes

Orden: Moniliales

Familia: Moniliacea

Género: *Aspergillus*

Especie: *Aspergillus flavus*

#### 2.3.2.- Características

##### 2.3.2.1.- Macroscópicas

Colonia puntiforme de color verde-amarillo a verde-azulado (Figura 21A) con crecimiento rápido (< 7 días), de textura pulverulenta (Lee *et al.*, 2004; Ashidi *et al.*, 2012). El color de la colonia se oscurece con el tiempo tornándose marrón (Figura 21B). El reverso de la colonia es de color miel con textura aterciopelada.

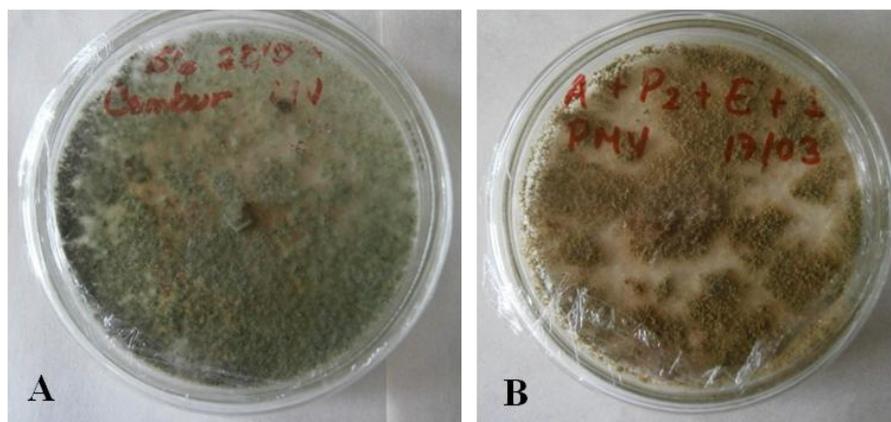


Figura 21. Colonia de *Aspergillus flavus*. A: coloración inicial y B: coloración final de la colonia.

Alarcón (2006) describe la presencia de exudados de color marrón claro liberados por la cepa que tienden a difundirse en el medio de cultivo. Este exudado no se observó en las colonias de *Aspergillus flavus* aisladas en PDA y caracterizadas en esta investigación.

#### 2.3.2.2.- Microscópicas

Hifas hialinas de 7,2  $\mu\text{m}$  de diámetro. Conidios verdes globosos a subglobosos de 2,4-3,6  $\mu\text{m}$  de diámetro, dispuestos en fiálides sobre la vesícula hialina y subglobosa de los conidióforos (Figura 22) hialinos y sin septos visibles (Lee *et al.*, 2004; Guevara *et al.*, 2007; Alarcón, 2006; Arias y Piñeros, 2008; Ashidi *et al.*, 2012).

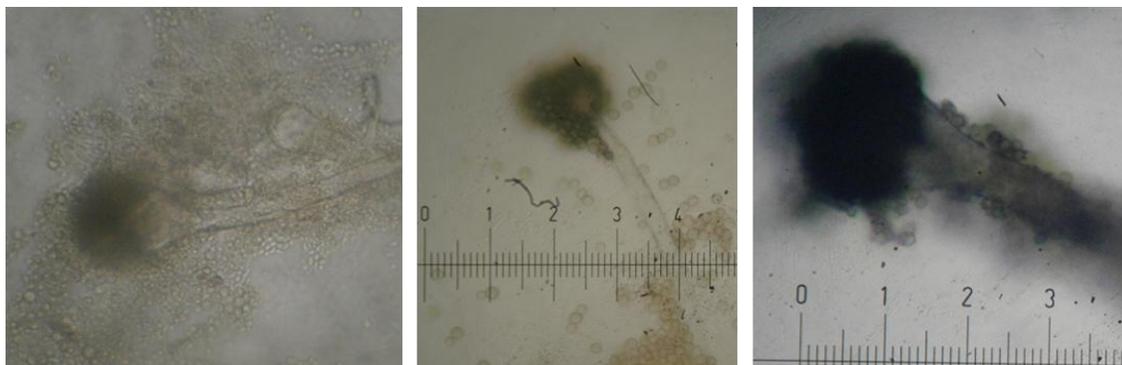


Figura 22. Conidióforos de *Aspergillus flavus*.

#### 2.3.3.- Pruebas de patogenicidad

*Aspergillus flavus* causa la podredumbre parda o marrón en los ejemplares de cambur (Figura 23), que se manifestó por necrosis generalizada y acelerada de los frutos enfermos, acompañada por la producción de burbujas en las heridas. Estos síntomas fueron visibles durante el día 4-5 (Figura 23 A-B). Adicionalmente, se liberaron olores alcohólicos, que fueron más evidentes con el paso del tiempo.

En el día 5 (Figura 23 B-C) se manifestaron los signos del patógeno, como una cepa amarillo-verdosa, con micelio blanco en los bordes, que crece sobre las heridas. Estos signos se tornaron verdes y fueron más evidentes durante los días 6 y 7 de

incubación (Figura 23 D-E), generalmente acompañados con la pérdida masiva de líquidos, ablandamiento del mesocarpo, necrosis total del fruto y en algunos ejemplares se pudo observar la ruptura del exocarpo.



Figura 23. Desarrollo de los síntomas de la enfermedad y los signos de *Aspergillus flavus* en los ejemplares de cambur. A: día 4, B-C: día 5, D: día 6 y E: día 7.

En los ejemplares de durazno, *A. flavus* produce la podredumbre parda blanda de los frutos (Figura 24), caracterizada por la presencia de manchas marrones blandas alrededor de las heridas que rápidamente se extendieron cubriendo gran parte del exocarpo (Figura 24A). En pocas horas, sobre estas lesiones, se desarrolló la colonia pulverulenta con centro verde y bordes amarillos (día 5, Figura 24B), la cual creció a medida que la mancha marrón blanda abarcaba mayor superficie del exocarpo del fruto enfermo (día 6 y 7, Figura 24 C y D, respectivamente). En los bordes de la colonia verde-amarilla, se observó la presencia de hifas blancas, que representan el micelio joven que aún no ha producido sus conidios.



Figura 24. Desarrollo de los síntomas de la enfermedad y los signos de *Aspergillus flavus* en los ejemplares de durazno. A: día 4, B: día 5, C: día 6 y D: día 7.

*Aspergillus flavus* es un hongo que contamina semillas y restos vegetales de muchos cultivos en el campo, durante la cosecha, el almacenamiento y el procesamiento. Frecuentemente asociado con productos vegetales, cultivados en áreas de clima tropical y subtropical, debido a que para su óptimo crecimiento requiere de una temperatura entre 27-38°C y una humedad relativa del 85% (Rajasinghe *et al.*, 2009). Su importancia radica en su habilidad para producir aflatoxinas, metabolitos secundarios que se encuentran entre los hepatocancerígenos naturales más potentes. Algunas cepas de esta especie producen también ácido ciclopiazónico (ACP), causante de degeneración y necrosis del hígado, lesiones en el miocardio y efectos neurotóxicos (Pildain *et al.*, 2005; Alarcón, 2006; Ochoa *et al.*, 2007; El Khoury *et al.*, 2011).

Los niveles de producción de las aflatoxinas por este patógeno se ven afectados por muchos parámetros abióticos tales como la temperatura, la actividad del agua, pH, presión osmótica, la naturaleza del sustrato y también por factores bióticos (Martins *et al.*, 2000).

El aire es su principal fuente de dispersión pero sus conidios pueden ser transportados en el cuerpo de los insectos y depositados sobre la superficie de los frutos (Ochoa *et al.*, 2007). Numerosas especies de insectos plagas son importantes fuentes de inóculo primario y participan activamente en la diseminación e inoculación de *A. flavus*. Los conidios son llevados y se perpetúan en el cuerpo de los insectos, y el hongo ha sido aislado del tejido intestinal, de otros tejidos internos y de su superficie. También se ha comprobado que es patógeno a muchos de ellos, forma esclerocios y esporula sobre el cuerpo de insectos muertos (Mazzani *et al.*, 2004), por lo que para su control se requiere de un manejo agronómico adecuado a nivel de pre-cosecha, lo cual puede reducir la contaminación de los frutos.

#### 2.4.- *Penicillium* sp. 1

##### 2.4.1.- Clasificación taxonómica

Reino: Fungi

División: Deuteromycota

Subdivisión: Deuteromycotina

Clase: Deuteromycetes

Orden: Moniliales

Familia: Moniliacea

Género: *Penicillium*

#### 2.4.2.- Características

##### 2.4.2.1.- Macroscópicas

Colonia puntiforme de color gris claro con crecimiento lento (> 7 días), de textura granular y con producción de exudado rosado (Figura 25 A y B) que se difunde en el medio PDA y gotas transparentes sobre las colonias (Alarcón, 2006). El color de la colonia se oscurece con el tiempo tornándose marrón. El reverso de la colonia es de color blanco con textura granular. Esta cepa tiene propiedades fungicidas, es decir, es capaz de inhibir el crecimiento de las cepas fúngicas que contaminen los medios PDA donde fueron inoculadas previamente (Figura 25 C y D).

##### 2.4.2.2.- Microscópicas

Hifas septadas de color marrón. Conidios de 2,4 µm de diámetro, globosos a subglobosos, con coloración variable de hialinos a marrón claro, sin ornamentaciones y dispuestos en una estructura ramificada semejante a un pincel (Figura 26 A-B) que termina en células conidiógenas llamada fiálides (Juárez-Becerra *et al.*, 2010). Conidióforos de coloración variable de hialinos a marrón claro y septados.

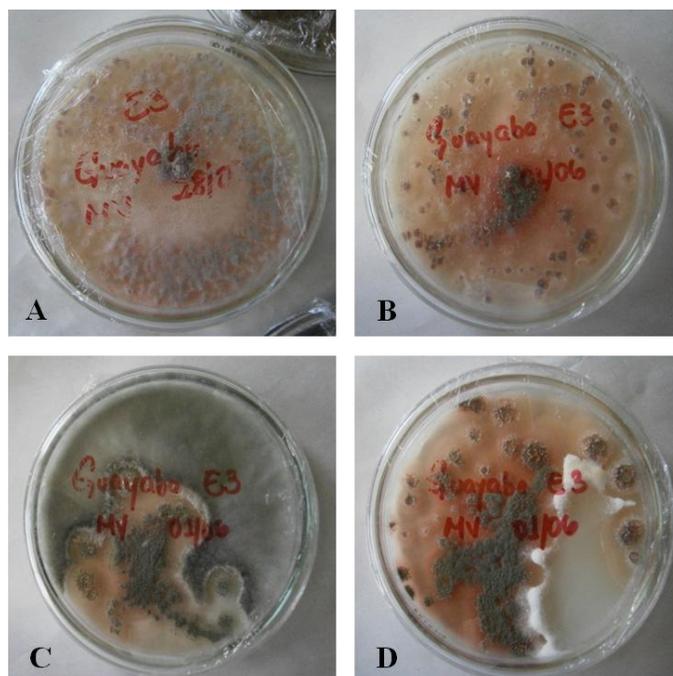


Figura 25. Colonia de *Penicillium* sp. 1. A-B: Liberación de exudado rosado que se difunde en el medio PDA y gotas transparentes sobre las colonias y C-D: Inhibición del crecimiento de cepas fúngicas contaminantes del medio PDA.

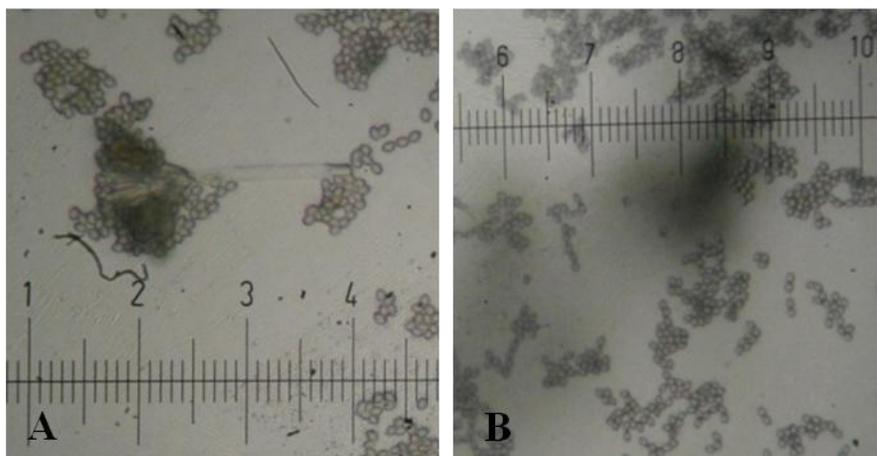


Figura 26. *Penicillium* sp. 1. A: conidióforo y B: conidios.

#### 2.4.3.- Pruebas de patogenicidad

*Penicillium* sp. 1 creció en medios PDA contaminados con *Botrytis cinerea*, pero muere con mucha facilidad (en un tiempo no mayor de tres días) cuando se establecieron los cultivos puros, lo que imposibilitó el empleo de esta cepa para la ejecución de las

pruebas de patogenicidad. Este fenómeno pudo deberse a que el medio PDA no proporcionó todos los nutrientes necesarios para su sobrevivencia *in vitro*.

*Penicillium* comúnmente es más abundante en suelos pero su fácil proliferación en los alimentos es un problema debido a que sus especies pueden producir toxinas y causar la podredumbre de los frutos, lo cual puede hacer que el alimento no sea comestible o peligroso (Juárez-Becerra *et al.*, 2010).

Las especies del género *Penicillium* sintetizan un amplio espectro de micotoxinas en función de su acción biológica pueden clasificarse en dos grandes grupos: las que alteran las funciones renales y hepática y aquellas que son neurotóxicas. La ocratoxina A es un nefrotóxico agudo; esta toxina es inmunosupresora, teratogénica y probablemente carcinogénica (Alarcón, 2006).

## 2.5.- *Botrytis cinerea*

### 2.5.1.- Clasificación taxonómica

Reino: Fungi

División: Deuteromycota

Subdivisión: Deuteromycotina

Clase: Deuteromycetes

Orden: Moniliales

Familia: Moniliacea

Género: *Botrytis*

Especie: *Botrytis cinerea*

### 2.5.2.- Características

#### 2.5.2.1.- Macroscópicas

Colonia filamentosa de color variable (inicialmente es blanco o gris claro) con crecimiento lento (> 7 días), de textura algodonosa y sin producción de exudados (Figura 27). El color de la colonia se oscurece con el tiempo tornándose gris oscuro o

negro. El reverso de la colonia es de color negro con textura aterciopelada.

La colonia muere con mucha facilidad (en un tiempo no mayor de 15 días) debido a que agota rápidamente las fuentes de carbono presentes en el medio de cultivo (PDA) por lo que se presume que su sobrevivencia *in vitro* en los medios depende de las fuentes de carbono disponibles.

Las colonias de *Botrytis cinerea* son de crecimiento moderado, blancas o grises, dependiendo del medio de cultivo donde se encuentre puede ser de tipo micelial, esclerocial o esporulante. La de tipo micelial es de crecimiento más rápido, abundante, algodonosa y de color pardo. La de tipo esclerocial, es una colonia de crecimiento lento, micelio escaso de color blanco inicialmente y luego de color gris a pardo con abundantes esclerocios de color negro, distribuidos irregularmente en el medio (Bayona, 1996). La colonia aislada en esta investigación es la de tipo esclerocial.

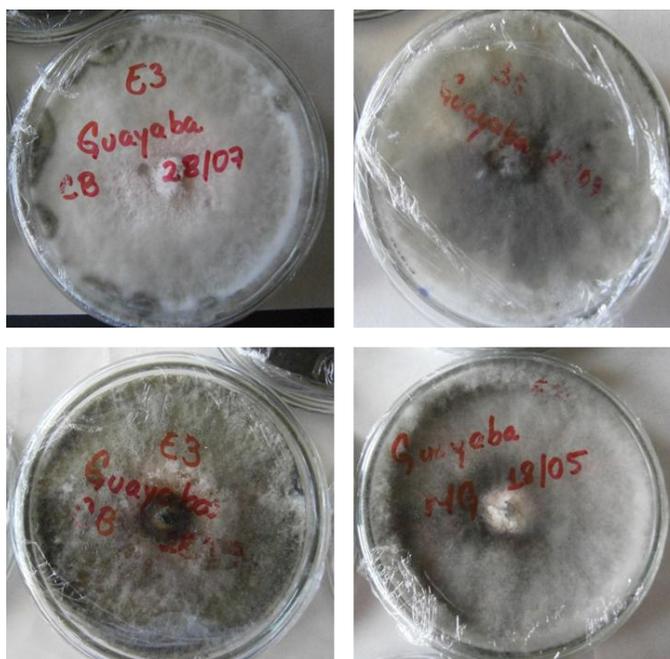


Figura 27. Colonia de *Botrytis cinerea*.

#### 2.5.2.2.- Microscópicas

Carece de conidios; produce esclerocios (cuerpos fructíferos asexuales) de 15,6  $\mu\text{m}$  de diámetro, variables en forma y de color marrón o negro (Figura 28 B y D), con frecuencia pequeños y conectados por hilos de micelio. Arias y Jerez (2008) señalan que cuando los esclerocios germinan, pueden producir esporas (conidias) o forman un cuerpo fructificante, que se asemeja a una capa o platillo, conocido como apotecio.

El micelio (Figura 28 A y C) es de color marrón cuando la colonia es de color gris claro o gris, pero cuando la cepa es blanca, las hifas son hialinas. Las hifas están formadas por células largas con una perforación, septadas y bifurcadas de forma alterna en ángulo recto de la hifa principal, generalmente (Bayona, 1996).

Latorre y Matiz (1998) señalan que los conidióforos presentan ramificaciones alternas y rectas, y las hifas suelen encontrarse septadas, hialinas y dematiáceas con ramificaciones en forma dicótoma en las colonias de tipo esporulante. Adicionalmente, Alarcón (2006) expresa que los conidios de *B. cinerea* son lisos, se encuentran solos o conglomerados, son casi hialinos, no se encuentran septados u ocasionalmente se encuentran 1-2 septados en un cultivo siendo de forma ovalada, elíptica o globosa. Los conidióforos y conidios no fueron observados en las cepas aisladas y caracterizadas en esta investigación por lo que se confirma que la colonia es de tipo esclerocial.

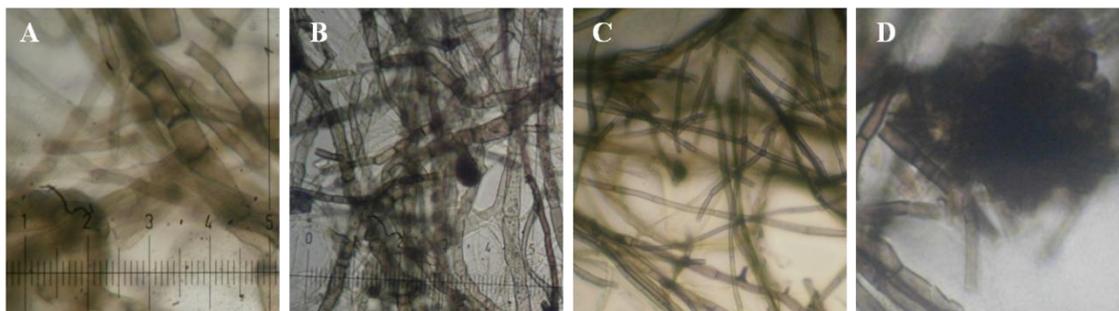


Figura 28. *Botrytis cinerea*. A-C: micelio y B-D: esclerocio.

### 2.5.3.- Pruebas de patogenicidad

*Botrytis cinerea* causa necrosamiento generalizado del exocarpo en los ejemplares de cambur (Figura 29), enmascarado por una gruesa capa de moho gris, que se manifestó a las 48 horas de la penetración del patógeno (Figura 29A), como manchas necróticas circulares, sobre las cuales creció un micelio blanco algodonoso (día 3, Figura 29B), que cubrió rápidamente el 30% del exocarpo de los frutos (día 4, Figura 29C). En algunos ejemplares se pudo observar la producción de burbujas en las heridas (día 4, Figura 29D).

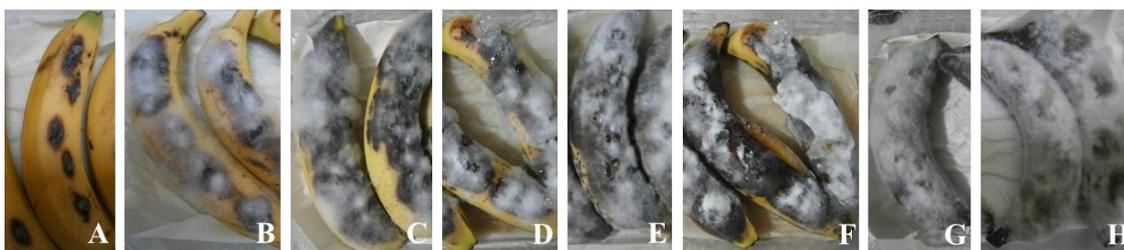


Figura 29. Desarrollo de los síntomas de la enfermedad y los signos de *Botrytis cinerea* en los ejemplares de cambur. A: día 2, B: día 3, C-D: día 4, E-F: día 5, G: día 6 y H: día 7.

En el día 5 (Figura 29 E-F) los signos del patógeno cubrieron el 50% del fruto y generalmente se asociaron con la pérdida masiva de líquidos, ablandamiento del mesocarpo y en algunos casos ruptura del exocarpo. En el día 6, el micelio blanco algodonoso comenzó a tornarse gris claro pero conservó la textura algodonosa y cubrió el 100% del fruto (Figura 29G). Finalmente, en el día 7 (Figura 29H), el micelio gris claro se tornó gris oscuro.

El moho gris en los ejemplares de durazno (Figura 30), se manifestó a las 24 horas de penetración del patógeno (Figura 30A), como manchas pardas alrededor de las heridas que crecieron rápidamente y se cubrieron de un micelio blanco algodonoso (día 2, Figura 30B). En el día 3, cambió de coloración a gris claro y cubrió del 20-50% del exocarpo y en algunos casos causó la pérdida de líquido blanquecino a través de las heridas (Figura 30 C-D). A medida que transcurrió el tiempo (día 4 al 7), los signos del patógeno manifestaron tonalidades de gris cada vez más oscuras y cubrieron en el

séptimo día la totalidad del exocarpo (Figura 30 E-H).

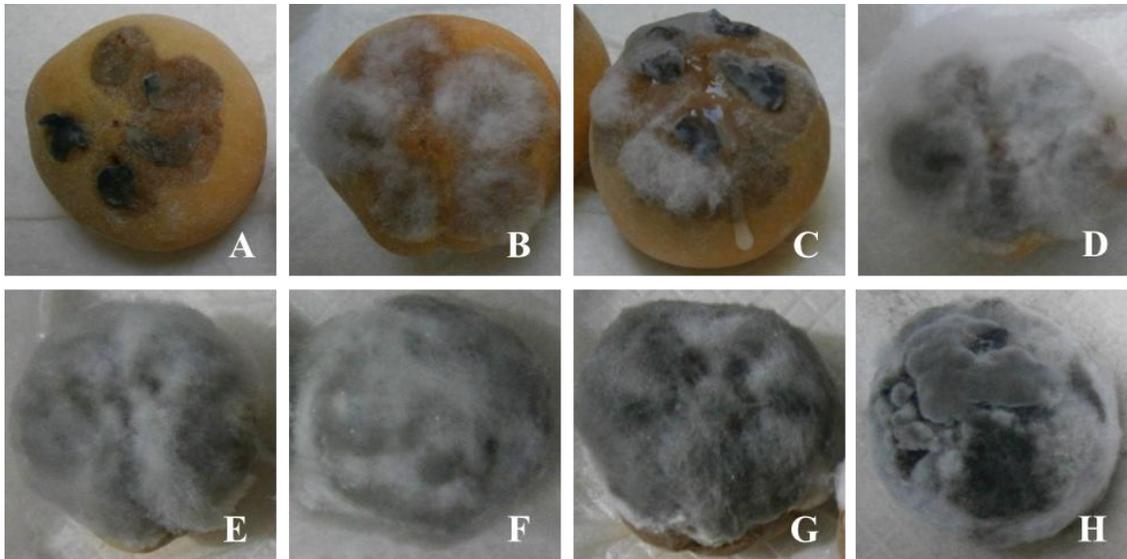


Figura 30. Desarrollo de los síntomas de la enfermedad y los signos de *Botrytis cinerea* en los ejemplares de durazno. A: día 1, B: día 2, C-D: día 3, E: día 4, F: día 5, G: día 6 y H: día 7.

En los ejemplares de guayaba, *Botrytis cinerea* causa el moho gris acompañado del necrosamiento del exocarpo y mesocarpo del fruto. Los síntomas de la enfermedad se manifestaron el día 2 (Figura 31A), como manchas pardas alrededor de las heridas que crecieron rápidamente y se cubrieron de micelio gris algodonoso (día 3, Figura 31 B-C), que con el paso del tiempo (día 4 al 7) su coloración fue oscureciendo gradualmente y llegó a cubrir el 100% del exocarpo durante el séptimo día (Figura 31 D-H).

*B. cinerea* (teleomorfo *Botryotinia fuckeliana* Whetzel), es un patógeno que causa la podredumbre gris en condiciones de humedad alta (> 95%) y temperaturas frescas a moderadas (15-20°C) (Alarcón, 2006; Pérez *et al.*, 2014). Esta enfermedad es la más extendida y económicamente más importante de las que afectan a un amplio número de frutas y hortalizas, debe su nombre a que este hongo produce un moho gris sobre los cultivos que infecta, que consume proporcionalmente mucho más los ácidos que los azúcares, por lo que el sabor de los frutos se torna más dulce (Femenía, 2007).

Este fitopatógeno tiene la habilidad de hacer uso de diferentes mecanismos de infección y puede atacar durante todos los estados de desarrollo del cultivo hospedante e infectar cualquiera de sus partes (Domínguez *et al.*, 2008).

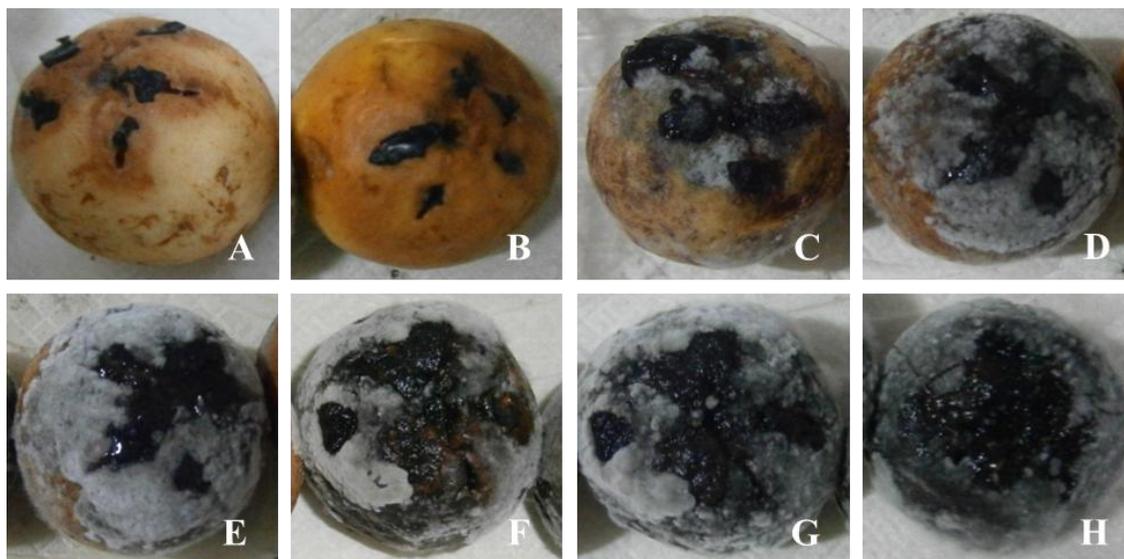


Figura 31. Desarrollo de los síntomas de la enfermedad y los signos de *Botrytis cinerea* en los ejemplares de guayaba. A: día 2, B-C: día 3, D: día 4, E-F: día 5, G: día 6 y H: día 7.

*Botrytis cinerea* es un hongo necrotrófico que, de forma inicial, se establece en tejidos senescentes o en las zonas más debilitadas y dañadas del exocarpo del fruto hospedero (que en esta investigación representó a los ejemplares de cambur, durazno y guayaba, Figura 32 A, B, G, H, K y L) para posteriormente extenderse, aunque en algunos casos puede atacar vegetales infectados (Figura 32 I-J) por otro tipo de patógenos, como por ejemplo: *Aspergillus niger* (Figura 32 C-D), *Penicillium* sp. 2 (Figura 32E), *Aspergillus flavus* (Figura 32F) y *Penicillium* sp. 1 (Figura 32M).

Arias y Jerez (2008) señalan que para que el hongo se desarrolle, no es suficiente que una espora se deposite sobre la superficie de la planta, también es necesario que se presenten condiciones ambientales favorables como alta humedad relativa, pH adecuado, temperatura óptima, etc. y que en el tejido de la planta donde se deposite la espora, se encuentre en la etapa susceptible, ya que el hongo ataca tejidos blandos o tejidos en

proceso de envejecimiento y muerte, por ser éstos fuente nutritiva disponible para que las esporas del hongo germinen y causen la infección.

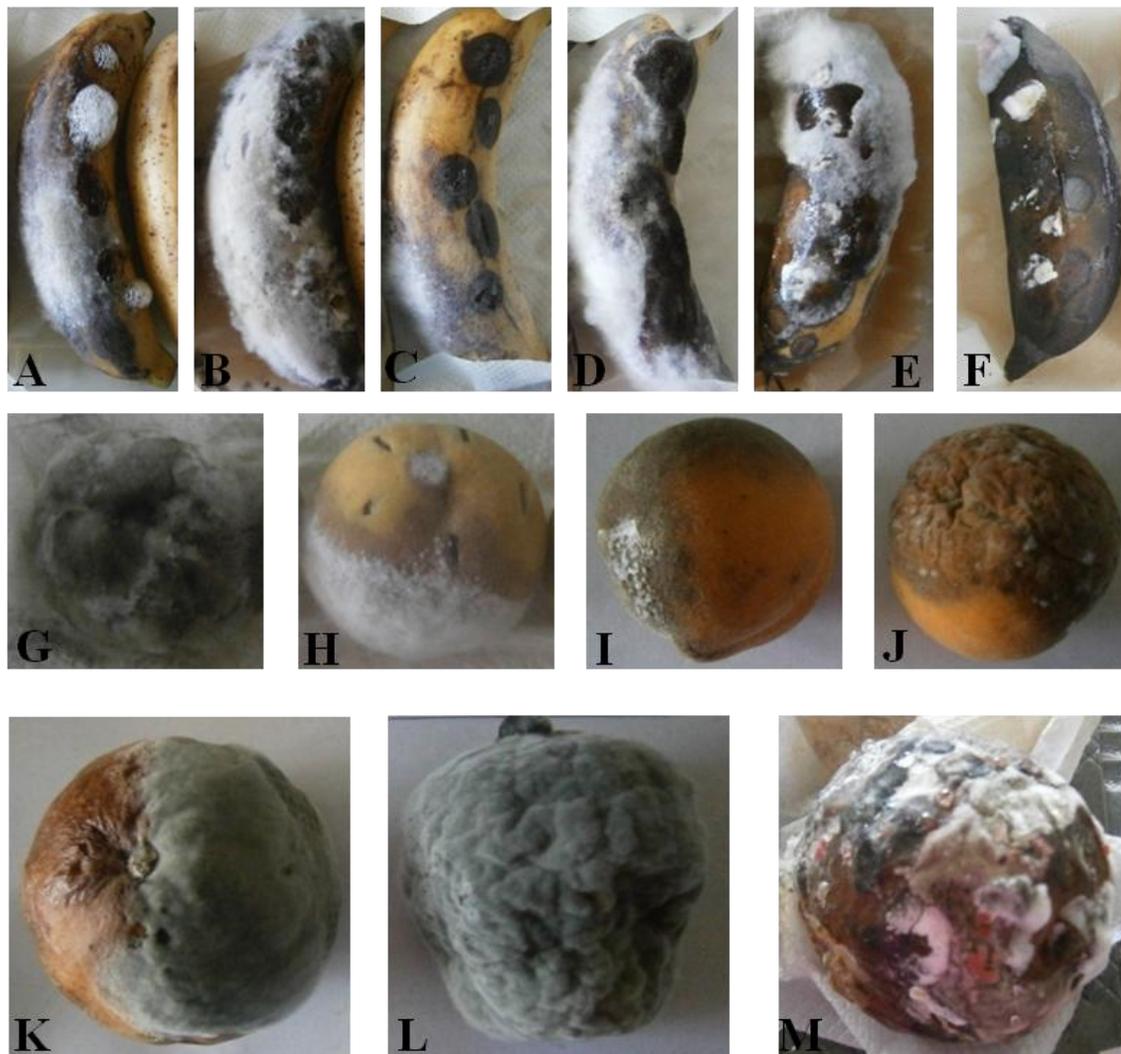


Figura 32. Signos de *Botrytis cinerea* en los ejemplares de cambur, durazno y guayaba senescentes o contaminados con otra especie de hongos fitopatógenos. A-B: ejemplares de cambur senescentes, C-D: frutos inoculados con *Aspergillus niger*, E: fruto inoculado con *Penicillium* sp. 2, F: fruto inoculado con *Aspergillus flavus*, G: ejemplar de durazno senescente, H: fruto al que previamente se le han realizado heridas en el exocarpo, I-J: frutos enfermos, K-L: ejemplares de guayaba senescentes y M: fruto contaminado con *Penicillium* sp. 1.

La infección por *B. cinerea* tiene lugar mediante anclaje (apresorio) de los llamados tubos germinativos (ramificación de hifas) sobre el tejido a infectar. El proceso de invasión va acompañado de la secreción de sustancias que son las encargadas de

destruir el tejido vegetal del hospedero. Las infecciones por *Botrytis* conllevan, de forma característica la aparición de lesiones necróticas y pudrición, en las cuales es importante la secreción de diversos tipos de sustancias: enzimas degradantes de la pared celular (poligalacturonasas, pectinaliasas, celulasas) o de la membrana celular (fosfolipasas, lipasas), especies activas de oxígeno (AOS) y toxinas (Femenía, 2007).

Las especies activas de oxígeno durante el proceso de infección son producidas tanto por el hongo como por el hospedero, cuando las paredes celulares son degradadas (Femenía, 2007). Las AOS estimulan la propagación de una serie de reacciones de radicales libres, que estresan al fruto infectado aumentando la producción de etileno como respuesta al ataque del patógeno y consecuentemente, aceleran su senescencia, que se manifiesta por necrosis total del exocarpo, ablandamiento del mesocarpo, colapso o ruptura parcial del exocarpo, pérdida excesiva de agua (debida principalmente al aumento de la transpiración) y de masa.

Normalmente *Botrytis* es un patógeno de herida en condiciones comerciales de post-cosecha y conservación. Sin embargo, también es capaz de penetrar a través de las partes florales en los frutos jóvenes en el campo, dando lugar a una infección latente susceptible de desarrollarse durante la maduración y el almacenamiento (Muñoz, 2008).

## 2.6.- *Penicillium* sp. 2

### 2.6.1.- Clasificación taxonómica

Reino: Fungi

División: Deuteromycota

Subdivisión: Deuteromycotina

Clase: Deuteromycetes

Orden: Moniliales

Familia: Moniliacea

Género: *Penicillium*

## 2.6.2.- Características

### 2.6.2.1.- Macroscópicas

Colonia de color blanco con bordes o manchas grises claras, que se manifiesta como parches o puntos de diferentes tamaños distribuidos en toda la superficie del medio PDA, de crecimiento lento (> 7 días), textura aterciopelada y sin producción de exudados (Figura 33). El color de la colonia no se oscurece con el tiempo, pero las zonas grises claras se acentúan cubriendo mayor superficie de la colonia. El reverso de la colonia es de textura aterciopelada y color blanco con el centro verde claro que se torna verde con el paso del tiempo.



Figura 33. Colonia de *Penicillium* sp. 2.

### 2.6.2.2.- Microscópicas

Hifas hialinas septadas de 2,4-3,6  $\mu\text{m}$  de diámetro. Conidios hialinos, de 2,4  $\mu\text{m}$  de diámetro, globosos a subglobosos, paredes gruesas, sin ornamentaciones y dispuestos en una estructura ramificada semejante a un pincel (Figura 34) (Hidalgo, 2013).

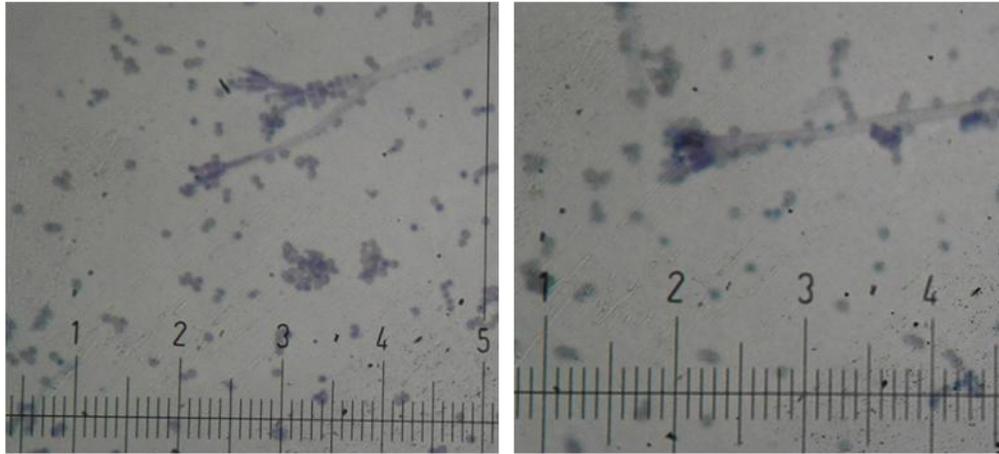


Figura 34. Conidióforos de *Penicillium* sp. 2.

### 2.6.3.- Pruebas de patogenicidad

*Penicillium* sp. 2 causa la podredumbre blanda del cambur (Figura 35), que se caracteriza por la necrosis prematura y el ablandamiento del mesocarpo del fruto. Los síntomas observados el día 4 (Figura 35A) fueron: manchas necróticas características de la senescencia que cubren más del 20% del exocarpo, burbujas en las heridas, pérdida líquido a través de las lesiones, aumento de la transpiración, ablandamiento del mesocarpo y en algunos ejemplares se produce la ruptura del exocarpo. Durante el día 5 los síntomas mencionados se tornaron más evidentes y comenzaron a evidenciarse los signos del patógeno como una colonia aterciopelada blanca muy fina dispuesta en los bordes de las heridas, que para este momento no producían burbujas (Figura 35B).

En el día 6 (Figura 35C), las manchas necróticas abarcaban entre el 80-90% del exocarpo del fruto y en las heridas la colonia aterciopelada blanca comenzó a crecer y a tornarse gris clara en algunas zonas de su superficie.

En el día 7, la podredumbre causada por *Penicillium* sp. 2 provocó la necrosis total del exocarpo, que el mesocarpo fuera muy blando (dificultándose la manipulación del fruto) y que la pérdida de líquidos fuera masiva, sin embargo los signos del patógeno comenzaron a ser menos evidentes (Figura 35D) y en algunos casos sólo quedaban pequeños vestigios de la infección (Figura 35E).



Figura 35. Desarrollo de los síntomas de la enfermedad y los signos de *Penicillium* sp. 2 en los ejemplares de cambur. A: día 4, B: día 5, C: día 6 y D-E: día 7.

La podredumbre por las especies de *Penicillium* son las más comunes de todas las enfermedades post-cosecha y, por consiguiente, las responsables de que los productos se estropeen, durante el transporte y almacenamiento, antes de llegar a los consumidores (Roselló, 2003). Estos hongos de almacén penetran en los tejidos del fruto a través de las aberturas de la cáscara o de la piel, pero pueden propagarse a los frutos sanos al entrar en contacto con los infectados. Las podredumbres se manifiestan como manchas pardas, blandas, que pasan de ser superficiales a hundirse con rapidez y, en pocos días, gran parte del fruto se estropea. Después de producirse la pudrición, un moho blanco empieza a desarrollarse sobre la superficie del fruto, cerca de la parte central de la mancha (Roselló, 2003). El área de esporulación adquiere entonces el color característico de la colonia, pero a menudo, está rodeada por una franja de micelio blanco. El desarrollo superficial del hongo se producirá siempre que la atmósfera sea húmeda y cálida. Sin embargo el factor más importante que favorece estas podredumbres, sobre todo a principios de la temporada de almacenamiento, son los daños mecánicos que sufre la superficie del fruto (Agrios, 2005).

En la Tabla 5 se registra la procedencia de las cepas fúngicas aisladas e identificadas taxonómicamente de ejemplares de frutas evaluados. En muestras de tejido superficial e interno de los ejemplares sanos de cambur y durazno se aislaron la mayor diversidad de cepas fúngicas en comparación con los ejemplares enfermos de dichas frutas y las muestras de tejidos sanos y enfermos de guayaba.

*Botrytis cinerea* y *Aspergillus niger* son las cepas aisladas con mayor frecuencia, mientras que *Penicillium digitatum* y *Penicillium* sp. 2, fueron aislados de muestras de tejidos sanos de durazno y cambur, respectivamente, y *Penicillium* sp. 1 de tejidos enfermos de guayaba.

Tabla 5. Hongos fitopatógenos aislados de las ejemplares sanos y enfermos de cambur, guayaba y duraznos comercializados en el Mercado Municipal de Cumaná.

Cepa fúngica	Cambur		Guayaba		Durazno	
	Sano	Enfermo	Sana	Enferma	Sano	Enfermo
<i>Aspergillus niger</i>	X				X	X
<i>Penicillium digitatum</i>					X	
<i>Aspergillus flavus</i>	X				X	
<i>Penicillium</i> sp. 1				X		
<i>Botrytis cinerea</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Penicillium</i> sp. 2	X					

X: Aislada de muestras de tejido superficial e interno.

El fenómeno de que a partir de cortes de frutos sanos de cambur y durazno, se logró aislar la mayor diversidad de patógenos fúngicos en comparación con los aislamientos realizados a partir de frutos enfermos, puede deberse a que estos ejemplares son infectados por los patógenos desde el estado inmaduro, y los síntomas de la enfermedad pueden hacerse visibles después de la cosecha, durante el almacenamiento (Peña *et al.*, 2007). Las zonas afectadas se convierten en punto de entrada para otros hongos y otros patógenos durante la infección secundaria (Gallego *et al.*, 2002).

Las infecciones latentes empiezan en la fruta antes de la cosecha y no hay métodos seguros para su control. Sin embargo, se han desarrollado procedimientos para su reducción como programas pre-cosecha para el control de enfermedades, manejo cuidadoso de la fruta minimizando el daño mecánico, almacenamiento adecuado que evite daños por frío y altas temperaturas, tratamientos post-cosecha de desinfección (Convenio SENA-Reino Unido, 1996).

### 3.- Efecto *in vitro* de la presión osmótica

Las colonias de *Aspergillus flavus* (KW= 0,069229,  $p>0,05$ ), *Penicillium digitatum* (KW= 0,531945,  $p>0,05$ ), *Aspergillus niger* (KW= 0,172383,  $p>0,05$ ) y *Botrytis cinerea* (KW= 0,531945,  $p>0,05$ ) mostraron diferencias no significativas en el efecto *in vitro* de la presión osmótica sobre el crecimiento micelial (Figura 36). Estos resultados pueden deberse a que los valores de actividad de agua ( $a_w$ ) empleados en este ensayo (0,996; 0,990; 0,980 y 0,960 equivalentes a PDA modificado con 0; 0,34; 0,68 y 1,02 M de NaCl, respectivamente), se encuentran dentro del rango óptimo de crecimiento de estas cepas fúngicas a temperatura ambiente (Roselló, 2003).

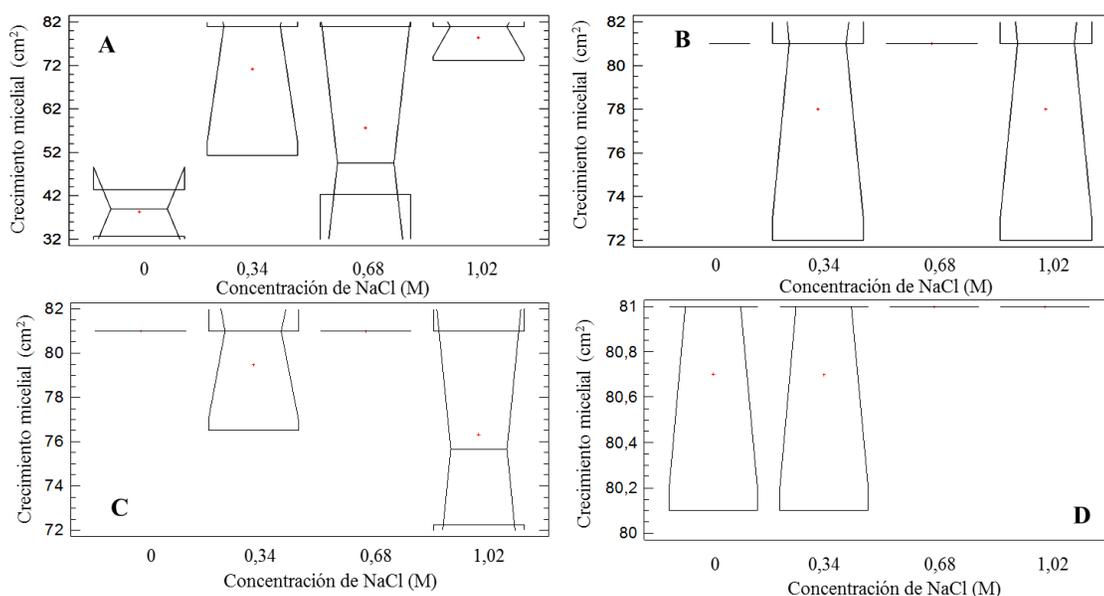


Figura 36. Efecto *in vitro* de la presión osmótica sobre el crecimiento micelial ( $\text{cm}^2$ ) de *Aspergillus flavus* (A), *Penicillium digitatum* (B), *Aspergillus niger* (C) y *Botrytis cinerea* (D).

Donoso y Latorre (2006) caracterizaron el moho azul causado por *Penicillium* spp. en uva de mesa almacenada en frío y comprobaron que la  $a_w$  de 0,96 disminuyó considerablemente el crecimiento micelial de *P. expansum* y *P. chrysogenum*, en medio APDA (agar papa dextrosa acidulado con  $0,5 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$  de ácido láctico normal) enmendado con diferentes concentraciones de NaCl e incubados por cinco días a  $20^\circ\text{C}$ , en comparación con el tratamiento control ( $a_w= 0,996$ ).

En la Figura 37 se muestran cepas de *Aspergillus flavus*, *Penicillium digitatum*, *Aspergillus niger* y *Botrytis cinerea* inoculadas en PDA modificado con 0, 0,34, 0,68 y 1,02 M de NaCl una vez transcurrido ocho días de incubación a temperatura ambiente (28-30°C). Se puede apreciar que las concentraciones de NaCl empleadas en este ensayo no afectaron significativamente el crecimiento de las colonias fúngicas, las cuales en la mayoría de los casos colonizaban el 100% de la superficie del medio. Sin embargo, es importante resaltar que a medida que disminuye la  $a_w$  del medio PDA, en las cepas de *Penicillium digitatum* y *Botrytis cinerea* se manifestó una reducción en la capacidad de esporulación, la cual se pudo visualizar como reducción o ausencia total de la coloración característica de la cepa (verde oliva para *Penicillium digitatum* y gris para *Botrytis cinerea*).

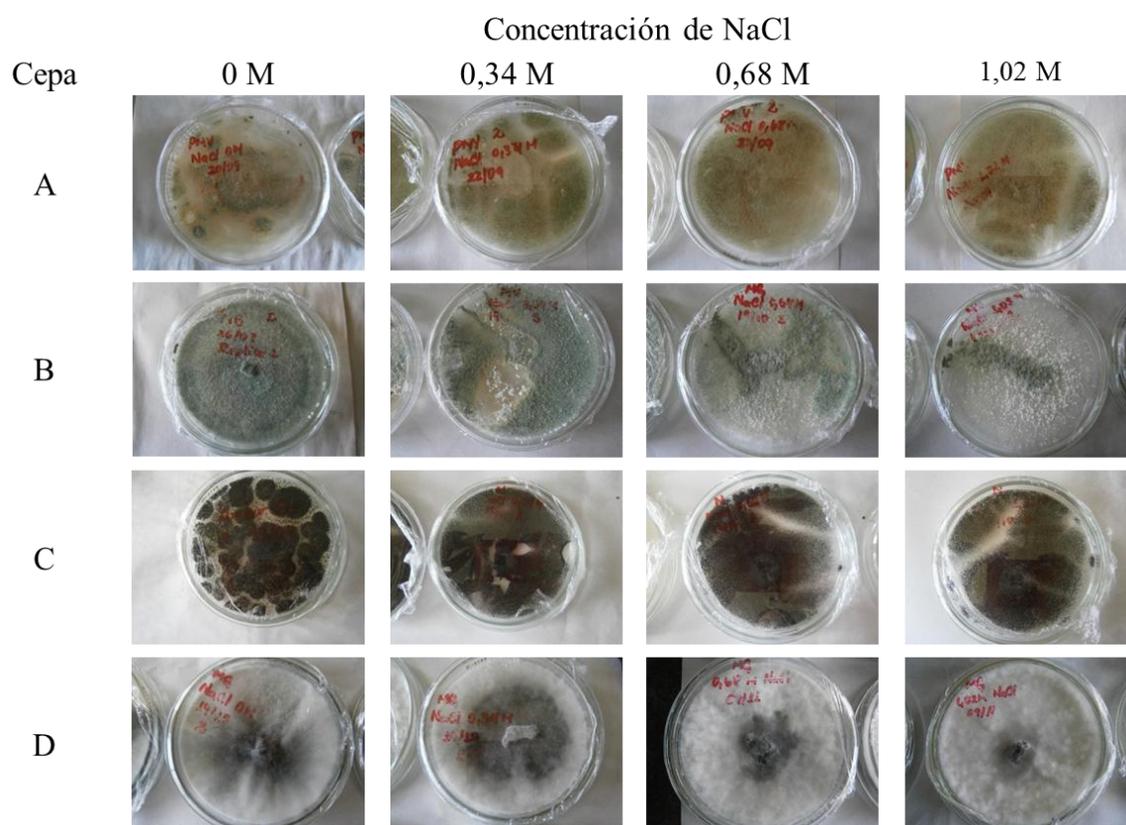


Figura 37. Cepas de *Aspergillus flavus* (A), *Penicillium digitatum* (B), *Aspergillus niger* (C) y *Botrytis cinerea* (D) en PDA modificado con 0, 0,34, 0,68 y 1,02 M de NaCl a los 8 días de incubación a temperatura ambiente (28-30°C).

La  $a_w$  es el parámetro que controla el crecimiento, la supervivencia, esporulación, muerte o producción de toxinas de los microorganismos (Orrego, 2003). La actividad fúngica depende estrechamente de la disponibilidad de agua del medio, conforme ésta aumenta, un mayor número de hongos pueden crecer, y son prácticamente los únicos microorganismos capaces de desarrollarse en valores inferiores a 0,85 de  $a_w$  (Roselló, 2003), así como presentar el mayor intervalo de  $a_w$  donde poder crecer. Cuando la  $a_w$  disminuye por debajo del óptimo de crecimiento se reduce la velocidad de crecimiento y se retrasa la germinación de las esporas. Generalmente, los valores de  $a_w$  para que germinen las esporas son ligeramente menores que los del crecimiento micelial. Este crecimiento micelial suele ser anormal cerca de los límites de  $a_w$  para la germinación, con hinchamiento de los tubos germinales, contracción de las células de los mismos, e hifas malformadas y con septos cortos (Roselló, 2003).

#### **4.- Efectividad de los agentes químicos de desinfección post-compra empleados por los consumidores**

En la Figura 38 se muestra que el ácido acético y el bicarbonato de sodio (Figura 38 B y C, respectivamente) no inhibieron el crecimiento de las cepas de *Aspergillus flavus*. En el caso de hipoclorito de sodio (Figura 38A), sólo la concentración comercial (4,25%) permitió la formación de los halos de inhibición.

El crecimiento micelial de la cepas de *Penicillium digitatum* (Figura 39 A-C) no fue afectado por la aplicación de las distintas concentraciones de los agentes químicos de desinfección.

En las cepas de *Aspergillus niger* (Figura 40) los discos impregnados con las concentraciones de 2,13 y 4,25% de hipoclorito de sodio formaron halos de inhibición de diámetros (mm) aproximadamente similares; mientras que en los discos impregnados con las soluciones de bicarbonato de sodio (0,75; 1,5 y 3%) causaron la inhibición total de este patógeno y la licuefacción del medio PDA durante los seis días de incubación a temperatura ambiente (Figura 40C).

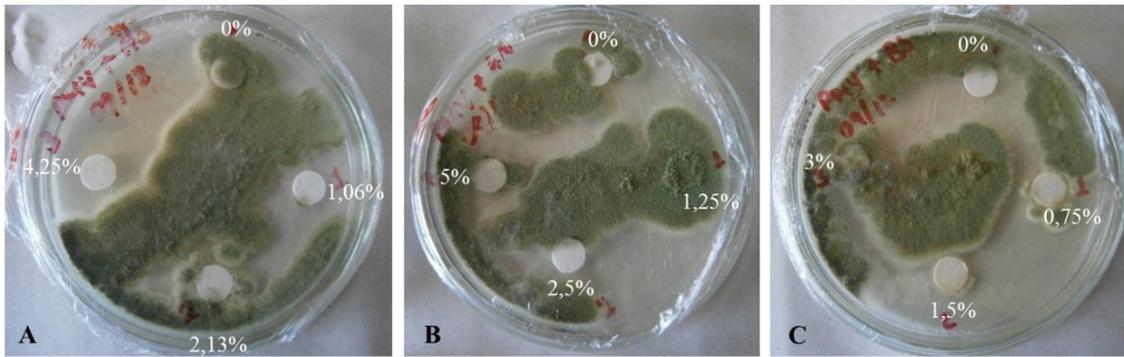


Figura 38. Cepas de *Aspergillus flavus* tratadas con los agentes químicos de desinfección a los 6 días de incubación a temperatura ambiente (28-30°C). A= hipoclorito de sodio a 0; 1,06; 2,13 y 4,25%, B= ácido acético al 0; 1,25; 2,5 y 5% y C= bicarbonato de sodio al 0; 0,75; 1,5 y 3%.

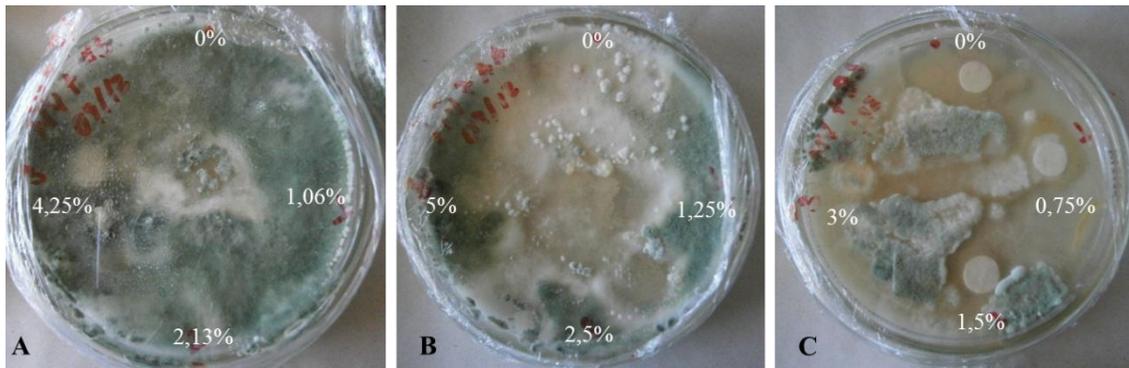


Figura 39. Cepas de *Penicillium digitatum* tratadas con los agentes químicos de desinfección a los 6 días de incubación a temperatura ambiente (28-30°C). A= hipoclorito de sodio a 0; 1,06; 2,13 y 4,25%, B= ácido acético al 0; 1,25; 2,5 y 5% y C= bicarbonato de sodio al 0; 0,75; 1,5 y 3%.

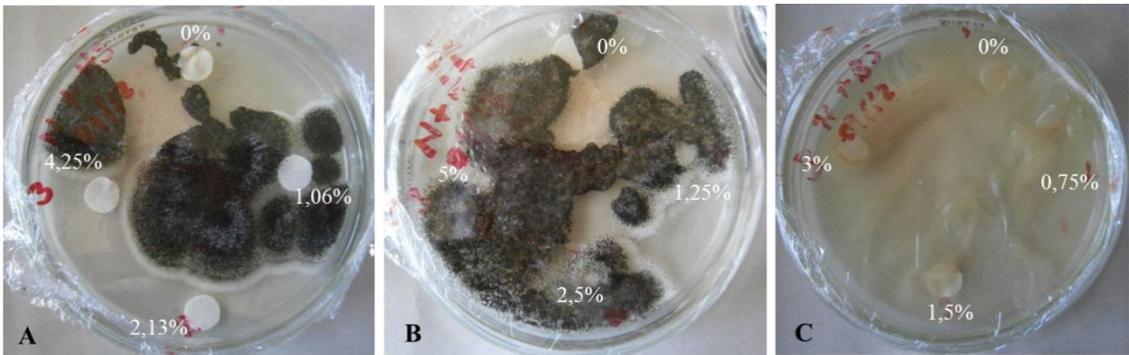


Figura 40. Cepas de *Aspergillus niger* tratadas con los agentes químicos de desinfección a los 6 días de incubación a temperatura ambiente (28-30°C). A= hipoclorito de sodio a 0; 1,06; 2,13 y 4,25%, B= ácido acético al 0; 1,25; 2,5 y 5% y C= bicarbonato de sodio al 0; 0,75; 1,5 y 3%.

En la Figura 41 se muestra el crecimiento micelial de las cepas de *Botrytis cinerea* tratadas con las distintas concentraciones de los agentes desinfectantes, se puede observar que sólo los discos impregnados con 0,75; 1,5 y 3% de bicarbonato de sodio inhibieron el crecimiento de este patógeno bajo las condiciones establecidas en este ensayo.

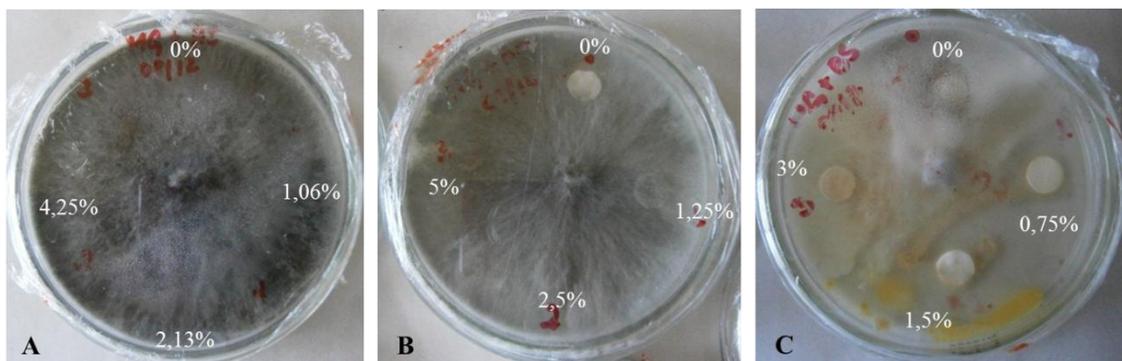


Figura 41. Cepas de *Botrytis cinerea* tratadas con los agentes químicos de desinfección a los 6 días de incubación a temperatura ambiente (28-30°C). A= hipoclorito de sodio a 0; 1,06; 2,13 y 4,25%, B= ácido acético al 0; 1,25; 2,5 y 5% y C= bicarbonato de sodio al 0; 0,75; 1,5 y 3%.

Los resultados de la efectividad *in vitro* de los agentes químicos de desinfección (hipoclorito de sodio, ácido acético y bicarbonato de sodio) sobre el crecimiento micelial de las cepas fúngicas *A. flavus*, *P. digitatum*, *A. niger* y *B. cinerea*, permiten aseverar que a temperatura ambiente las soluciones de bicarbonato de sodio a concentraciones de 0,75; 1,5 y 3% permiten el inhibición total de *A. niger* y parcial del crecimiento de *B. cinerea*. Este efecto puede deberse a los cambios en el pH del medio, inducidos por la fácil difusión del bicarbonato de sodio en el PDA, que no son tolerados por estas cepas fúngicas; mientras que *Aspergillus flavus* y *Penicillium digitatum* son resistentes a estos cambios. Al respecto, Garmendia y Vero (2006) señalan que la eficacia del tratamiento con agentes desinfectantes varía con la concentración del agente, y en mayor o menor medida con la temperatura, el pH, el tiempo de contacto y el contenido de materia orgánica presente en el vegetal que se desea desinfectar.

Solano (2013) en su trabajo, modelamiento de la cinética de desinfección

superficial de tomates (*Solanum lycopersicum*) frescos usando soluciones de cloro, establece que las letalidades más altas se obtuvieron en los gérmenes aerobios mesófilos, seguidos de las levaduras, siendo los mohos los más resistentes, debido a que la muerte de los microorganismos por acción del cloro se debe en parte a la combinación directa de este compuesto con las proteínas de las membranas celulares y enzimas. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en esta investigación, debido a que las soluciones de hipoclorito de sodio empleadas no inhibieron el crecimiento de *Botrytis cinerea* y *Penicillium digitatum*. Elevadas concentraciones de este compuesto (2,13 y 4,25%) permitieron controlar el crecimiento de *A. niger* y la concentración comercial (4,25%) representó al único agente químico capaz de inhibir el crecimiento de *A. flavus*, bajo las condiciones establecidas en este estudio.

Inca (2012) establece que la letalidad del cloro ocurre entre los primeros cinco segundos del tratamiento y la población de microorganismos disminuye al incrementar la concentración del mismo, sin embargo la efectividad no es proporcional al aumento de la concentración. Este fenómeno fue observado en las cepas de *Aspergillus niger*, cuando se registraron valores similares de los halos de inhibición formados alrededor de los discos impregnados con 2,13 y 4,25% de hipoclorito de sodio.

Finalmente, el ácido acético no se puede considerar como un agente químico que garantice la reducción de las estructuras asociadas a las cepas fúngicas evaluadas en esta investigación (bajo las condiciones establecidas en este ensayo). Estos resultados contradicen lo expresado por Garmendia y Vero (2006), al establecer que este ácido orgánico es muy utilizado para prevenir el desarrollo microbiano en alimentos, debido a que reduce el pH de las células que estén en contacto con este ácido, ya que es capaz de ingresar a la membrana celular llegando al citoplasma, donde se disocia, acidificando el interior celular, causando efectos inhibidores de reacciones enzimáticas y sistemas de transporte.

## CONCLUSIONES

El 70,6% de los vendedores encuestados reflejaron que las frutas y hortalizas comercializadas en sus puntos de venta son adquiridas directamente a los camioneros, que transportan estos vegetales desde las zonas de producción o acopio (ubicadas principalmente en los estados Miranda y Lara) hasta las instalaciones del Mercado Municipal de Cumaná.

Las frutas que se dañan con mayor facilidad durante el periodo post-cosecha son: cambur, lechosa, durazno, fresa y guayaba.

Las hortalizas que manifiestan la mayor frecuencia y diversidad de enfermedades fitosanitarias son: lechuga, tomate, pimentón y zanahoria.

Los ejemplares de guayaba y cambur a los 15 días de incubación y almacenados a temperatura ambiente (28-30°C), registraron el porcentaje más elevado de pudriciones.

Entre los 12 a 15 días de incubación se observó el mayor porcentaje de pudrición en los vegetales almacenados en cajas de plástico; mientras que la mayor pérdida de masa se obtuvo en aquellos mantenidos en cajas de cartón.

El lavado superficial con agua de chorro de los ejemplares de las frutas y hortalizas muestreados reflejó diferencias estadísticamente no significativas en el porcentaje de pudriciones y el de pérdida de masa de estos vegetales.

Los ejemplares de durazno registraron el porcentaje más elevado de pérdida de masa; mientras que los de tomate presentaron el menor valor.

Se aisló y comprobó la patogenicidad de: *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *Penicillium digitatum*, *P. sp. 1*, *P. sp. 2* y *Botrytis cinerea*.

La reducción de la actividad de agua no afectó el crecimiento micelial de *A. flavus*, *P. digitatum*, *A. niger* y *B. cinerea*.

Las cepas de *P. digitatum* son resistentes a los agentes químicos de desinfección empleados en este estudio a temperatura ambiente.

Concentraciones de 2,13 y 4,25% de hipoclorito de sodio garantizan la inhibición del crecimiento micelial de *A. niger* y *A. flavus*, respectivamente.

El bicarbonato de sodio causa la inhibición total de *A. niger* y parcial del crecimiento de *Botrytis cinerea*.

## RECOMENDACIONES

Realizar muestreos durante la época de lluvias para comprobar el efecto de las condiciones climáticas (temperatura y humedad relativa, principalmente) sobre la diversidad y frecuencia de enfermedades fitosanitarias asociadas a hongos que conducen al rápido deterioro de las seis especies hortofrutícolas evaluadas en este trabajo.

Aislar e identificar las especies fúngicas asociadas a los ejemplares de las seis especies hortofrutícolas en los distintos estados de madurez: inmaduro o verde, madurez comercial-biológica y senescente.

Seleccionar ejemplares sanos y enfermos de puntos de venta más populares y con mayor diversidad de frutas y hortalizas exhibidas en sus anaqueles, ubicados en cuatro localidades: zona techada (nave central), aire libre dentro del perímetro delimitado por las cercas metálicas, zona de carga-descarga de los camioneros y en las adyacencias del Mercado Municipal de Cumaná (próximos a la avenida El Islote), para corroborar el efecto de las condiciones sanitarias de estos puntos de venta sobre la diversidad y frecuencia de enfermedades asociadas a hongos.

Seleccionar medios de cultivos que garanticen la sobrevivencia de *Penicillium* sp. 1.

Emplear PDA modificados con concentraciones de NaCl más elevadas, que reduzcan su actividad de agua a valores iguales o menores a 0,85.

Realizar pruebas de viabilidad de los conidios de *Penicillium digitatum* y de los esclerocios de *Botrytis cinerea* inoculadas en PDA modificado con 0,68 y 1,02 M de NaCl una vez transcurrido ocho días de incubación a temperatura ambiente (28-30°C).

## BIBLIOGRAFÍA

Abrunhosa, L.; Morales, H.; Soares, C.; Calado, T1.; Vila-Chã, A.; Pereira, M. y Venâncio, A. 2012. Micotoxinas detectadas en productos alimenticios en Portugal: revisión. *Revista Bio Ciencias*, 2(1): 5-31.

Agrios, G. 2005. *Plant Pathology*. Quinta edición. Editorial Academic Press. México, DF.

Aguilar, J. 2012. *Métodos de conservación de alimentos*. Editorial Red Tercer Milenio S.C. México, DF.

Alarcón, D. 2006. Evaluación de técnicas de conservación para hongos filamentosos y levaduriformes en el cepario de la Pontificia Universidad Javeriana. Trabajo de pregrado. Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.

Albornoz, A.; Ortega, L.; Segovia, E.; Bracho, Y. y Cubillan, G. 2009. Atributos de compra de frutas frescas a nivel urbano. *Bioagro*, 21(1): 57-62.

Álvarez, J.; Argüelles, C. y Restrepo, A. 2004. Elaboración de un empaque refrigerado para el transporte de rosas de exportación: un estudio sobre diseño, producción, y comercialización. Trabajo de pregrado. Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.

Alwakeel, S. 2013. Molecular identification of isolated fungi from stored apples in Riyadh, Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 20: 311-317.

Anido, J.; Garcia, J. y Ouabouch, H. 2010. El sector de frutas y hortalizas español y la política agraria común: actualidad y perspectivas en el marco de la organización común de mercados. *Agroalimentaria*, 16(31): 115-139.

Arenas, R. 2008. *Micología médica ilustrada*. Tercera edición. McGraw-Hill. México, DF.

Arias, E y Piñeros, P. 2008. Aislamiento e identificación de hongos filamentosos de muestras de suelo de los páramos de Guasca y Cruz Verde. Trabajo de pregrado. Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.

Arias, J. y Jerez, A. 2008. Elaboración de un atlas para la descripción macroscópica y microscópica de hongos fitopatógenos de interés en especies de flores de corte cultivadas en la sabana de Bogotá. Trabajo de pregrado. Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.

Ariza, M.; Larsen, T.; Petersen, B.; Duus, J. y Barrero, A. 2002. *Penicillium digitatum*. Metabolites on synthetic media and citrus fruits. *Journal of Agricultural*

and *Food Chemistry*, 50: 6361-6365.

Ashidi, J.; Efuntoye, O. y Elebute, T. 2012. Isolation and characterisation of fungal species associated with spoilage of *Moringa oleifera* Lam. in storage. *Global Research Journal of Microbiology*, 2(2): 124-129.

Ávila, C.; Velandia, J. y López, A. 1996. *Enfermedades de las plagas de las hortalizas y su manejo*. Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Bogotá.

Ayaz, F.; Demir, O.; Torun, H.; Kolcoglu, A. y Colak, A. 2008. Characterization of polyphenoloxidase (PPO) and total phenolic content in medlar (*Mespilus germanica* L.) fruit during ripening and over ripening. *Food Chemistry*, 106: 291-298.

Barkai-Golan, R. 2001. *Postharvest: diseases of fruits and vegetables*. Development and control. Elsevier Science B. V. Amsterdam.

Barnett, H. y Hunter, B. 1998. *Illustrated genera of imperfect fungi*. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota.

Bayona, M. 1996. Control biológico-químico de *Botrytis cinerea* en rosa en la Calera, Cundinamarca, Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Trabajo de postgrado. Facultad de Ciencias, Universidad Industrial de Santander, Bogotá.

Beecher, G. 1998. *Food, phytonutrients, and health forum and workshops*. USDA. Beltsville.

Bower, J.; Biasi, W. y Mitcham, E. 2003. Effect of ethylene in the storage environment on quality of Barlett pears. *Postharvest Biology and Technology*, 28(3): 371-379.

Brayford, D. 1996. IMI descriptions of fungi and bacteria: *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*. *Mycopathologia*, 133: 39-40.

Caballero, Á. 2008. *Temas de higiene de los alimentos*. Editorial Ciencias Médicas. La Habana.

Cabrera, D.; Cruz, M. y Portal, O. 2010. Efecto de la temperatura en la virulencia del virus de la mancha anular de la papaya (PRSV-P). *Fitosanidad*, 14(2): 123-125.

Cañedo, V. y Ames, T. 2004. *Manual de laboratorio para el manejo de hongos entomopatógenos*. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima.

Carrillo, L. 2003. *Los hongos de los alimentos y forrajes*. Universidad Nacional de Salta. Salta.

Catalá, R.; Hernández-Muñoz, P.; López-Carballo, G. y Gavara, R. 2009. Materiales para el envasado de frutas y hortalizas con tratamientos mínimos. *Revista de Horticultura Internacional*, 69: 60-65.

Chales, L.; Ahmed, E.; Wilson, C.; Ghaouth, A.; Chalutz, E.; Droby, S.; Stevens, C.; Lu, J. y Khan, V. 1994. Potential of induced resistance to control post-harvest diseases of fruits and vegetables. *Plant Disease*, 78: 837-843.

Chan-Jr, H.; Tam, S. y Seo, S. 1981. Papaya polygalacturonase and its role in thermally injured ripening fruit. *Journal of Food Science*, 46: 190-197.

Chitarra, M. y Chitarra, A. 2005. *Pós-Colheita de frutas e hortaliças: Fisiologia e manuseio*. Second edition. Editorial UFLA. Lavras.

Chukwuka, K.; Okonko, I. y Adekunle, A. 2010. Microbial ecology of organisms causing pawpaw (*Carica papaya* L.) fruit decay in Oyo State, Nigeria. *American-Eurasian Journal of Toxicological Sciences*, 2(1): 43-50.

Contreras, A. 2010. Efecto de tratamientos post-cosecha novedosos en la calidad fisicoquímica, sensorial y nutricional de cítricos. Trabajo de postgrado. Departamento de Tecnología de Alimentos, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

Convenio SENA-Reino Unido. 1996. Manual de fisiología, patología, poscosecha y control de calidad de frutas y hortalizas. SENA, NRI (Natural Resources Institute). Armenia.

Cook, R. 1992. From competition to coordination in vegetable trade: the case of México and California. En: *Vegetable Markets in the Western Hemisphere, Iowa*. López, R. y Polopolus, L. (eds). Iowa State University Press, Ames, Iowa. Págs. 129-147.

Coronel, M. y Henríquez, S. 2010. Adaptación de vitroplantas de banano (*Musa* AAA variedad Williams) en condiciones de invernadero utilizando bio-fertilizantes. Trabajo de pregrado. Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil.

Corporación Colombia Internacional. 2000. *Perfil de mercado N° 5*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Santafé de Bogotá.

Daniel, W. 2004. *Bioestadística*. Base para el análisis de las ciencias para la salud. Cuarta edición. Editorial Limusa S.A. México, DF.

Dávila-Aviña, J.; González-Aguilar, G.; Ayala-Zavala, J.; Sepúlveda, D. y Olivas, G. 2011. Compuestos volátiles responsables del sabor del tomate. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 34(2): 133-143.

Davis, M. 2004. Carrot diseases and their management. En: *Diseases of fruits and vegetables*. Naqvi, S. (ed). Springer. Netherlands. Págs. 397-439.

Davis, M.; Subbarao, K.; Raid, R. y Kurtz, E. 2002. *Plagas y enfermedades de la lechuga*. Ediciones Mundi Prensa. Madrid.

De la Cruz, J.; Vela, G.; Dorantes, L. y García, H. 2010. Efecto del etileno sobre el ACC y ACC oxidasa en la maduración de papaya “maradol”. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33(2): 133-140.

De la Maza, L.; Pezzlo, M. y Baron, E. 1997. *Color atlas of diagnostic microbiology*. Editorial Mosby-Year Book, Inc. St. Louis, Missouri.

Domínguez, C. 2012. Caracterización y evaluación de aislados de *Trichoderma* spp. para el control de la pudrición basal de la lechuga causada por *Rhizoctonia* spp. en la zona agrícola de Timotes, estado Mérida. Trabajo de postgrado. Postgrado de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Caracas.

Domínguez, I.; Cedeño, L.; Briceño, A.; Pino, H.; Quintero, K. y Rodríguez, L. 2008. Primer reporte en Venezuela de *Botrytis cinerea* causando quema foliar en lisianto (*Eustoma grandiflorum*). *Revista Forestal Venezolana*, 52(2): 173-176.

Donoso, A. y Latorre, B. 2006. Caracterización del moho azul causado por *Penicillium* spp. en uva de mesa almacenada en frío. *Ciencia e Investigación Agraria*, 33(2): 143-155.

EDA (Entrenamiento y Desarrollo de Agricultores). 2006. Boletín Técnico de Poscosecha compatibilidad de productos frescos en almacenamiento. La Lima, Honduras.

El-Ghoraba, A.; Javedb, Q.; Anjumb, F.; Hamedc, S. y Shaabana, H. 2013. Pakistani bell Pepper (*Capsicum annum* L.): chemical compositions and its antioxidant activity. *International Journal of Food Properties*, 16(1): 18-32.

El Khoury, A.; Atoui, A.; Rizk, T.; Lteif, R.; Kallassy, M. y Lebrihi, A. 2011. Differentiation between *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus* from pure culture and aflatoxin-contaminated grapes using PCR-RFLP analysis of aflR-aflJ intergenic spacer. *Journal of Food Science*, 76(4): M247-M253.

Espinal, M. 2010. Capacidad antioxidante y ablandamiento de la guayaba palmira ICA I (*Psidium guajava*). Trabajo de postgrado. Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2000. “Manual de manejo poscosecha de frutas tropicales (papaya, piña,

plátano, cítricos)” “FAO”. <<http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/ac304s/ac304s00.htm>> (15/10/2016).

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2001. *Manual de capacitación. La importancia de comer frutas y hortalizas*. Estudio FAO Alimentación y Nutrición N° 46. FAO. Roma.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2007. *Manual de manejo post-cosecha de frutas tropicales (papaya, piña, plátano, cítricos)*. FAO. Roma.

FAO-FAOSTAT (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - Anuario estadístico de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2010. “Estadísticas de producción y comercialización”. “FAO”. <<http://faostat.fao.org/>> (28/03/2015).

FAOSTAT (Anuario estadístico de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2013. *Anuario estadístico de la FAO 2013. La alimentación y la agricultura en América Latina y el Caribe*. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago.

Farrera, R.; Zambrano, A. y Ortiz, F. 2007. Identificación de hongos asociados a enfermedades del fruto de la fresa en el municipio Jáuregui del estado Táchira. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 24: 269-281.

Fauquet, C.; Mayo, M.; Maniloff, J.; Desselbelguer, U. y Ball, L. 2005. *Virus taxonomy: the eighth report of the international committee on taxonomy of viruses*. Elsevier/Academic Press. London.

Femenía, M. 2007. Caracterización química de cepas de hongos del género *Colletotrichum*: síntesis de gloeosporiol. Diseño y síntesis de modelos de agentes fungiestáticos. Trabajo doctoral. Departamento de Química Orgánica, Facultad de Ciencias, Universidad de Cádiz, Puerto Real.

Ferreira, M.; Franco, A. y Kasper, R. 2005. Qualidade do tomate de mesa em função da época de colheita. *Scientia Agricola*, 62(5): 446-451.

Finch, H. y Finch, A. 1987. *Los hongos comunes que atacan cultivos en América Latina*. Cuarta edición. Editorial Trillas, S.A. México, DF.

Flores, K. 2009. Determinación no destructiva de parámetros de calidad de frutas y hortalizas mediante espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano. Trabajo doctoral. Departamento de Bromatología y Tecnología de los Alimentos, E. T. S. de Ingenieros Agrónomos y de Montes, Universidad de Córdoba, Córdoba.

Flórez, O.; Marín, H. y Zapata, J. 2009. Estudio de las prácticas de cosecha y poscosecha de la papaya (*Carica papaya* cv. Maradol), en el Departamento del Huila, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 1(1): 29-36.

Gallego, L.; Hernández, M. y Fernández-Trujillo, J. 2002. Evolución de la calidad del fruto del arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) bajo atmósfera modificada. *Avances en Técnicas y Ciencias del Frío*, 1: 517-523.

García, D.; Ramos, A.; Sanchis, V. y Marín, S. 2011. Intraspecific variability of growth and patulin production of 79 *Penicillium expansum* isolates at two temperatures. *International Journal of Food Microbiology*, 151(2): 195-200.

Garduño, A. 2011. “Deterioro de las frutas y hortalizas frescas en el periodo de post-cosecha”. “Mundo alimentario”. <[http://www.alimentariaonline.com/media/MA042\\_det.pdf](http://www.alimentariaonline.com/media/MA042_det.pdf)> (06/01/2014).

Garmendia, G. y Vero, S. 2006. Métodos para la desinfección de frutas y hortalizas. *Horticultura*, 197: 18-27.

Gautam, A. y Bhadauria, R. 2008. Occurrence of toxigenic moulds and mycotoxins in ayurvedic medicine *Trifla churn*. *Journal of Mycology and Plant Pathology*, 3: 664-666.

Giannakourou, M. y Taoukis, P. 2003. Kinetic modelling of vitamin C loss in frozen green vegetables under variable storage conditions. *Food Chemistry*, 83: 33-41.

Giménez, M. 2012. Efectos del etileno y el 1-MCP sobre la calidad poscosecha de los frutos de diferentes variedades de calabacín conservados en frío. Trabajo de pregrado. Escuela Superior de Ingeniería Ingeniero Técnico Agrícola, Universidad de Almería, Almería.

Gómez, D.; Ojeda, A.; Casse, M. y Bonacic, I. 2012. “Efecto de las variables climáticas sobre las fases de los ciclos de algunas de las enfermedades de girasol en condiciones de campo”. “Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria”. <[http://inta.gob.ar/documentos/efecto-de-las-variables-climaticas-sobre-las-fases-de-los-ciclos-de-algunas-de-las-enfermedades-de-girasol-en-condiciones-de-campo/at\\_multi\\_download/file/INTA\\_efecto\\_variables\\_climaticas\\_ciclos\\_enfermedades\\_girasol.pdf](http://inta.gob.ar/documentos/efecto-de-las-variables-climaticas-sobre-las-fases-de-los-ciclos-de-algunas-de-las-enfermedades-de-girasol-en-condiciones-de-campo/at_multi_download/file/INTA_efecto_variables_climaticas_ciclos_enfermedades_girasol.pdf)> (06/01/2014).

Gómez-Jaimes, R.; Nieto-Ángel, D.; Téliz-Ortiz, D.; J. Antonio Mora-Aguilera, J.; Martínez-Damián, M. y Vargas-Hernández, M. 2009. Evaluación de la calidad e incidencia de hongos en frutos refrigerados de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore and Stearn. *Agrociencia*, 43: 37-48.

González, I. 2010. Caracterización química del color de diferentes variedades de

guayaba (*Psidium guajava* L.) colombiana. Trabajo de postgrado. Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Guédez, C.; Cañizales, L.; Castillo, C.; Olivar, R. y Maffei, M. 2010. Alternativas para el control de hongos postcosecha en naranjas valencia (*Citrus sinensis*). *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 30: 43-47.

Guevara, M.; Urcia, F. y Casquero, J. 2007. Manual de procedimientos y técnicas de laboratorio para la identificación de los principales hongos oportunistas causantes de micosis humanas. Serie de Normas Técnicas N° 44. Instituto Nacional de Salud. Ministerio De Salud. Lima.

Guzmán, G. 1977. *Identificación de los hongos comestibles, venenosos y alucinantes*. Editorial Limusa, S.A. México, DF.

Guzmán, M. y León, G. 2007. La madurez de frutas y hortalizas objeto de comercio exterior: eliminación de etileno mediante membranas líquidas. Resumen. V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones.

Guzmán-Piedrahita, O.; Castaño-Zapata, J. y Villegas-Estrada, B. 2009. Diagnóstico de enfermedades de plantas de origen biótico. *Agronómica*, 17(2): 7-24.

Hadfield, K. y Bennett, A. 1998. Polygalacturonases: many genes in search of a function. *Plant Physiology*, 117: 337-343.

Hanlin, R. y Tortolero, O. 1995. *Géneros ilustrados de ascomicetes*. Editorial Botánica S.A. Barquisimeto.

Hidalgo, P. 2013. Caracterización bioquímica y molecular de la biosíntesis del antitumoral andrastina y de la toxina PR en *Penicillium roqueforti*. Trabajo doctoral. Área de Microbiología, Instituto de Biotecnología de León (INBIOTEC), Departamento de Biología Molecular, Universidad de León, León.

Ibrahim, S. y Rahma, M. 2009. Isolation and identification of fungi associated with date fruits (*Phoenix dactylifera*, linn.) sold at Bayero University, Kano, Nigeria. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 2(2): 127-130.

Inca, W. 2012. Evaluación de tres clases de desinfectantes (cloro, yodo y peróxido) para mejorar la calidad e inocuidad de las lechugas, zanahoria y rábanos producidas y comercializadas por los productores agroecológicos de cebadas. Trabajo de pregrado. Escuela de Ingeniera en Industrias Pecuarias, Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba.

INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas). 2002. El duraznero en Venezuela. Serie Manuales de Cultivo INIA. Maracay.

INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas). 2005. El cultivo de Hortalizas en Venezuela. Serie Manuales de Cultivo INIA N° 2. Maracay.

Insua, G.; Wright, E.; Vásquez, P. y Rivera, M. 2007. Patógenos poscosecha que afectan al cultivo de arándano. Libro de Resúmenes. 30° Congreso Argentino de Horticultura y 1° Simposio Internacional sobre Cultivos Protegidos. La Plata. Buenos Aires.

Iriarte, L.; Sosa, M. y Reybet, G. 2011. Efecto de la biofumigación con repollo sobre el control de *Fusarium oxysporum* en suelo RIA. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 37(3): 231-237.

Juárez-Becerra, G.; Sosa-Morales, M. y López-Malo, A. 2010. Hongos fitopatógenos de alta importancia económica: descripción y métodos de control. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 4(2): 14-23.

Kader, A. 1985. Postharvest biology and technology. An overview. Postharvest Technology of Horticulture Crops. Cooperative Extension University of California. Division of Agriculture and Natural Resources.

Kader, A. 1992. *Biología y tecnología de poscosecha: una revisión general*. Cooperative Extension University of California. California.

Kiehr, M.; Delhey, R.; Frayssinet, S.; Anderson, F. y Azpilicueta, A. 1996. Enfermedades de cebolla en el Valle Bonaerense del Río Colorado, Argentina. *Horticultura Argentina*, 15: 33-38.

Knogge, W. 1996. Fungal infection of plants. *Plant Cell*, 8: 1711-1722.

Kobina, M. y Ebenezer, O. 2012. Fruit borne mycoflora of *Capsicum annum* L. (pepper), *Abelmoschus esculentus* L. Moench (okra), and *Lycopersicon esculentum* Mill. (tomato) from Accra metropolis. *African Journal of Food Science*, 6(1): 1-7.

Koneman, E.; Winn, W.; Allen, S.; Janda, W.; Procop, G.; Schreckenberger, P. y Woods, G. 2008. *Diagnóstico microbiológico: texto y atlas a color*. Sexta edición. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires.

Kunstmann, J. 2004. Determinación de subespecies de *Erwinia caratovora* (Dye) Hall como agentes causales de “pudrición blanda” en la cala (*Zantedeschia* spp.). Trabajo de pregrado. Escuela de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile, Valdivia.

Latorre, L. y Matiz, P. 1998. Evaluación de la acción fungitóxicas de los extractos de hojas de *Pentecalia tolimensis* contra *Fusarium oxysporium* f. sp. *dianthi* y *Botrytis cinerea*. Trabajo de pregrado. Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana,

Bogotá.

Lee, C.; Liou, G. y Yuan, G. 2004. Comparison of *Aspergillus flavus* and *Aspergillus oryzae* by amplified fragment length polymorphism. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 45: 61-68.

Lizana, A. y Ochagavía, A. 1998. Maduración, temperaturas de almacenaje y atmósfera controlada en mangos. *IDESIA (Chile)*, 15: 77-83.

López, C.; Zuluaga, A.; Herrera, S.; Ruiz, A. y Medina, V. 2006. Producción de ácido cítrico con *Aspergillus niger* NRRL 2270 a partir de suero de leche. *Dyna*, 73(150): 39-57.

López, J. 2000. *Manejo post-cosecha de frutas y hortalizas*. Corporación para la Educación Integral y el Bienestar Ambiental (LA CEIBA). Granada.

Macías, A. 2010. Competitividad de México en el mercado de frutas y hortalizas de Estados Unidos de América, 1989-2009. *Agroalimentaria*, 16(31): 31-48.

Marangoni, A.; Jackman, R. y Stanley, D. 1995. Chilling-associated softening of tomato fruit is related to increased pectinmethylesterase activity. *Journal of Food Science*, 60: 1277-1281.

Marcet-Houben, M.; Ballester, A.; de la Fuente, B.; Harries, E.; Marcos, J.; González-Candelas, L. y Gabaldón, T. 2012. Genome sequence of the necrotrophic fungus *Penicillium digitatum*, the main postharvest pathogen of citrus. *BMC Genomics*, 13: 646.

Maroto, J. 2000. *Horticultura*. Cuarta edición. Mundi-Prensa Libros. Madrid.

Marsden, T. 1997. Creating space for food: The distinctiveness of recent agrarian development. En: *Globalising food*. Agrarian questions and global restructuring. Goodman, D. y Watts, M. (eds). Routledge, London. Págs. 169-191.

Martínez, W. 2010. Manejo del virus de la mancha anillada de la papaya raza papaya (*Papaya Ringspot Virus-P*, PRSV-P) con barrera viva, trampas de impacto y densidad poblacional de papaya para el consumo interno y de exportación. Trabajo de pregrado. Escuela de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad Técnica de Babahoyo, Babahoyo-Los Ríos.

Martínez, Z. 2008. Algunos aspectos epidemiológicos del moho blanco de la lechuga (*Lactuca sativa*) en dos municipios productores de Cundinamarca. Trabajo de pregrado. Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.

Martins; H.; Martins, M. y Almeida, F. 2000. Interaction of strains of non-

toxigenic *Aspergillus flavus* with *Aspergillus parasiticus* on aflatoxin production. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science, Silo Paulo*, 37(6): 439-443.

Mazzani, C.; Luzón, O. y Chavarri, M. 2004. *Aspergillus flavus* asociado a *Epitragus* sp. (Coleoptera: Tenebrionidae) en maíz bajo riego en Turén, estado Portuguesa, Venezuela. *Entomotropica*, 19(3): 157-159.

Meer, H.; Iram, S.; Ahmad, I.; Sohail, F. y Raza, M. 2013. Identification and characterization of post-harvest fungal pathogens of mango from domestic markets of Punjab. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4(4): 650-658.

Moreira, K. 2013. Reutilización de residuos de la cáscara de bananos (*Musa paradisiaca*) y plátanos (*Musa sapientum*) para la producción de alimentos destinados al consumo humano. Trabajo de pregrado. Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Guayaquil, Guayaquil.

Mueller, G.; Bills, G. y Foster, M. (eds). 2004. *Biodiversity of fungi*. Inventory and monitoring methods. Editorial Elsevier Academic Press. San Diego.

Muñoz, A. 2008. Caracterización de distintos péptidos antimicrobianos con actividad frente a hongos fitopatógenos de interés agroalimentario. Trabajo de postgrado. Postgrado en Microbiología, Departamento de Tecnología de Alimentos, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

Nishiyama, K.; Guis, M.; Rose, J.; Kubo, Y.; Bennett, K.; Wangjin, L.; Kato, K.; Ushijima, K.; Nakano, R.; Inaba, A.; Bouzayen, M.; Latche, A.; Pech, J. y Bennett, A. 2007. Ethylene regulation of fruit softening and cell wall disassembly in *Charentais melon*. *Journal of Experimental Botany*, 58: 1281-1290.

Nnebue, O.; Nwokeji, E.; Ogoke, I. y Asiabaka, C. 2013. Identification and possible control measures of the fungal pathogens associated with tomato fruit deterioration in Owerri, Southeastern Nigeria. *International Journal of Agriculture and Rural Development*, 16(2): 1486-1492.

Ochoa, J.; Hernández-Montiel, L.; Latisnere-Barragán, H.; León de La Luz, J. y Larralde-Corona, C. 2007. Aislamiento e identificación de hongos patógenos de naranja *Citrus sinensis* L. Osbeck cultivada en Baja California Sur, México. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 5(5): 352-359.

Orobiyi, A.; Dansi, A.; Assogba, P.; Loko, L.; Dansi, M.; Vodouhè, R.; Akouègninou, A. y Sanni A. 2013. Chili (*Capsicum annum* L.) in southern Benin: production constraints, varietal diversity, preference criteria and participatory evaluation. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science*, 3(4): 107-120.

Orrego, C. 2003. *Procesamiento de alimentos*. Centro de Publicaciones de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Manizales.

Parra, E. 2009. Actividad antifúngica de *Burkholderia cepacia* aislada de maíz amarillo (*Zea mays* L.) bajo diferentes condiciones de cultivo. Trabajo de postgrado. Postgrado en Biología Aplicada, Escuela de Ciencias, Universidad de Oriente, Cumaná.

Paull, R. y Chen, N. 1983. Postharvest variation in cell wall-degrading enzymes of papaya (*Carica papaya* L.) during fruit ripening. *Plant Physiology*, 72: 382-385.

Pelayo, C. 2003. Las frutas y hortalizas como alimentos funcionales. *ContactoS*, 47: 12-19.

Peña, A.; González, M.; Hernández, M.; Novoa, C.; Quicazán, M. y Fernández-Trujillo, J. 2007. Evaluación del comportamiento del fruto de arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) en las operaciones de acondicionamiento húmedo poscosecha. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 1(2): 182-188.

Peraica, M.; Radić, B.; Lucić, A. y Pavlović, M. 1999. Efectos tóxicos de las micotoxinas en el ser humano. *Bulletin of the World Health Organization*, 77(9): 754-756.

Perales, M.; Padilla, J.; González, E. y Reyes, H. 2005. Manual para la producción integral del cultivo de la guayaba. Pabellón de Arteaga. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Aguas Calientes.

Pérez, E.; Blanco, O.; Alves, P.; Román, C.; Rial, M.; Rodríguez, A. y Heredia, A. 2014. Guía para la identificación de patógenos de poscosecha en frutos de arándanos. Boletín de Divulgación N° 107. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Salto.

Peruzzo, A. y Pioli, R. 2016. Micotoxinas en harinas derivadas de trigo y soja detectadas por prueba de Elisa. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 51(5): 647-653.

Pildain, M.; Cabral, D. y Vaamonde, G. 2005. Poblaciones de *Aspergillus flavus* en maní cultivado en diferentes zonas agroecológicas de la Argentina, caracterización morfológica y toxigénica. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 34(003): 3-19.

Pohland, A. 1993. Mycotoxins in review. *Food Additives and Contaminants*, 10: 17-28.

Prior, R. y Cao, G. 2000. Antioxidant phytochemicals in fruits and vegetables: diet and health implications. *HortScience*, 35(4): 588-592.

Pszczola, D. 2001. Antioxidants: from preserving food quality to quality life.

*Food Technology*, 55(6): 51-59.

Raimondo, E. y Espejo, C. 2002. Envases para frutas y hortalizas frescas. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, XXXIV(1): 93-97.

Rajasinghe, M.; Abeywickrama, K. y Jayasekera, R. 2009. Aflatoxigenic *Aspergillus flavus* and aflatoxin formation in selected spices during storage. *Tropical Agricultural Research and Extension*, 12(1): 1-6.

Reina, C.; Guzmán, J. y Sánchez, J. 1998. Manejo post-cosecha y evaluación de la calidad de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) que se comercializa en la ciudad de Neiva. Programa de Ingeniería Agrícola, Facultad de Ingeniería, Universidad Surcolombiana, Neiva.

Reyes, A.; Núñez, H.; Hernández, G.; Alpuche, Á.; Garcidueñas, C. y Morales, J. 2013. ADNc relacionados con la maduración del fruto de guayaba (*Psidium guajava* L.). Caracterización y análisis de expresión. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(2): 117-125.

Reyes-Ocampo, I.; González-Brambila, M. y López-Isunza, F. 2013. Un análisis del metabolismo de *Aspergillus niger* creciendo sobre un sustrato sólido. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 12(1): 41-56.

Ribeiro, F.; Junior, C. y Zambolin, L. 2004. *Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas*. Perfil Editora. Belo Horizonte.

Rivera, G. 2007. *Conceptos introductorios a la fitopatología*. Editorial EUNED. San José, Costa Rica.

Rodríguez, S.; de Albarracín, N.; Arjona, A.; Albarracín, M. y Hernández, Y. 2002. Diagnóstico post-cosecha de enfermedades bacterianas en zanahoria. *Fitopatología Venezolana*, 15(1): 17-20.

Rolz, C. 2011. Fisiología post cosecha de frutas. Compendio de características de calidad, condiciones de almacenamiento, sensibilidad al frío, maduración y desórdenes fisiológicos. *Revista de la Universidad del Valle de Guatemala*, 23: 23-34.

Romero, C. 1988. *Hongos Fitopatógenos*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo.

Roselló, J. 2003. Capacidad antagonista de *Penicillium oxalicum* Currie & Thom y *Trichoderma harzianum* Rifai frente a diferentes agentes fitopatógenos. Estudios ecofisiológicos. Trabajo doctoral. Escuela Técnica Superior del Medio Rural y Enología, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.

Sáez, A.; Flórez, L. y Cadavid, A. 2002. Caracterización de una cepa nativa de *Aspergillus niger* y evaluación de la producción de ácido cítrico. *Revista de la Universidad EAFIT (Escuela de Administración, Finanzas e Instituto Tecnológico)*, 128: 33-41.

Salazar, S. 2012. Identificación de un hongo fitopatógeno del tejocote (*Crataegus* spp.). Trabajo de postgrado. Postgrado en Microbiología, Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas, Puebla.

Sarria, S.; Honório, S. y Matias, M. 2008. Resistencia mecánica, tasa respiratoria y producción de etileno de caqui "Fuyu" durante el almacenamiento. *Revista Brasileira de Ingeniería Agrícola e Ambiental*, 12(5): 498-502.

Schäfer, W. 1994. Molecular mechanisms of fungal pathogenicity to plants. *Annual Review of Phytopathology*, 32: 461-477.

Shahbaz, H.; Jabeen, K. y Iqbal, S. 2015. Evaluation of antifungal activity of *Solanum nigrum* against *Aspergillus niger*, the cause of black rot disease of onion. *Pakistan Journal of Phytopathology*, 27(02): 121-125.

Sharova, E. 2007. Expansins: proteins involved in cell wall softening during plant growth and morphogenesis. *Russian Journal of Plant Physiology*, 54: 713-727.

Smith, I.; Dunez, J.; Lelliott, R.; Phillips, D. y Archer, S. 1998. *Manual de enfermedades de las plantas*. Editorial GRAFO. Bilbao.

Solano, M. 2013. Modelamiento de la cinética de desinfección superficial de tomates (*Lycopersicon esculentum*) frescos usando soluciones de cloro. *Scientia Agropecuaria*, 4(2013): 27-35.

Soto, A. 2010. Etiología de la cenicilla en zanahoria (*Daucus carota* L.). Trabajo de pregrado. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia.

Strange, R. y Scott, P. 2005. Plant Disease: A threat to global food security. *Annual Review of Phytopathology*, 43: 83-116.

Tello, P. 2014. Proyecto de evaluación de pérdidas físicas en post-cosecha de productos agrícolas en etapa de mercadeo y elaboración de estrategias para mejoras del Mercado Municipal La Carolina. Quito, Pichincha. Trabajo de pregrado. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador, Quito.

Thiyam, B. y Sharma, G. 2013. Isolation and identification of fungi associated with local fruits of Barak Valley, Assam. *Current World Environment*, 8(2): 319-322.

Trigos, A.; Ramírez, K. y Salinas, A. 2008. Presencia de hongos fitopatógenos en frutas y hortalizas y su relación en la seguridad alimentaria. *Revista Mexicana de Micología*, 28: 125-129.

Tripathi, S.; Suzuki, J.; Ferreira, S. y Gonsalves, D. 2008. Papaya ringspot virus-P: characteristics, pathogenicity, sequence variability and control. *Molecular Plant Pathology*, 9: 269-280.

Tsado, E.; Aghotor, P.; Ebitemi, G.; Oyeleke, S. y Gana, R. 2013. Fungi associated with spoilage of some edible vegetables in and around Minna, Niger state, Nigeria. *Global Journal of Biology, Agriculture and Health Sciences*, 2(2): 110-113.

Vargas-Álvarez, D.; Soto-Hernández, M.; González-Hernández, V.; Engleman, M. y Martínez-Garza, A. 2006. Cinética de acumulación y distribución de flavonoides en guayaba (*Psidium guajava* L.). *Agrociencia*, 40: 109-115.

Vásquez, P.; Baldomá, J.; Wright, E.; Pérez, A.; Divo, M. y Pérez, B. 2007. First report of blueberry *Botrytis blight* in Buenos Aires, Entre Ríos and Córdoba (Argentina). *Plant Disease*, 91: 639.

Webster, J. y Weber, R. 2007. *Introduction to Fungi*. Tercera edición. Cambridge University Press. Cambridge.

White, P. 2002. Recent advances in fruit development and ripening: an overview. *Journal of Experimental Botany*, 53: 1995-2000.

Wills, R.; McGlasson, B.; Graham, D. y Joyce, D. 1998. *Postharvest: an introduction to the physiology and handling*. CAB International. New York.

Wright, E.; Rivera, M. y Esperón, J. 2003. *Alternaria tenuissima* y *Colletotrichum gloeosporioides*: agentes causales de ablandamiento poscosecha en frutos de arándano. Resumen Fr 028. XXVI Congreso Nacional de Horticultura. Paraná. Entre Ríos.

Wright, E.; Rivera, M.; Esperón, J.; Cheheid, A. y Rodríguez, A. 2004. *Alternaria* leaf spot, twig blight and fruit rot of high bush blueberry in Argentina. *Plant Disease*, 88: 1383.

Wright, P. y Burge, G. 2000. Irrigation, sawdust mulch, and enhance biocide affects soft rot incidence, and flower and tuber production of calla. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 28: 225-231.

Yilmaz, E.; Scott, J. y Shewfelt, R. 2002. Effects of harvesting maturity and off plant ripening on the activities of lipoxygenase, hydroperoxidelyase, and alcohol dehydrogenase enzymes in fresh tomato. *Journal of Food Biochemistry*, 26:

443-457.

Zakaria, L.; Wan, M.; Wai, K. y Salleh, B. 2012. *Fusarium* species associated with fruit rot of banana (*Musa* spp.), papaya (*Carica papaya*) and guava (*Psidium guajava*). *Malaysian Journal of Microbiology*, 8(2): 127-130.

## APÉNDICES

Apéndice A. Estudio de opinión aplicado a los vendedores sobre los problemas fitosanitarios de las frutas y hortalizas y las condiciones de almacenamiento en los puntos de venta del Mercado Municipal de Cumaná, estado Sucre.



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE SUCRE  
POSTGRADO EN BIOLOGÍA APLICADA  
MENCION BOTÁNICA APLICADA

ESTUDIO DE OPINIÓN SOBRE LOS PROBLEMAS FITOSANITARIOS EN FRUTAS Y HORTALIZAS Y LAS CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO EN LOS PUNTOS DE VENTA DEL MERCADO MUNICIPAL DE CUMANÁ, ESTADO SUCRE.

### VENDEDOR

1.- ¿Cuáles son las frutas frecuentemente vendidas por usted? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2.- ¿Cuáles son las hortalizas frecuentemente vendidas por usted? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3.- Indique la procedencia de las frutas y hortalizas vendidas por usted  
Huerto familiar \_\_\_\_\_ Importación \_\_\_\_\_ Local \_\_\_\_\_ Estatal \_\_\_\_\_ Nacional \_\_\_\_\_

4.- ¿Cuáles son las frutas y hortalizas que se dañan con mayor facilidad? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5.- Indique la forma de almacenamiento empleada por usted en su punto de venta  
Cajas: Madera \_\_\_\_\_ Plástico \_\_\_\_\_ Cartón \_\_\_\_\_ Otra \_\_\_\_\_  
Al aire libre \_\_\_\_\_ Semi-cubierto \_\_\_\_\_ Cerrado \_\_\_\_\_ Limpios \_\_\_\_\_ Sucios \_\_\_\_\_  
Refrigeración \_\_\_\_\_ Sin refrigeración \_\_\_\_\_ Húmedas \_\_\_\_\_ Secas \_\_\_\_\_

6.- ¿Las frutas y hortalizas son tratadas antes de su almacenamiento y posterior exhibición en el punto de venta? Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

7.- Indique el método empleado para controlar el deterioro de las frutas y hortalizas antes de ser almacenadas  
Eliminación de los productos dañados \_\_\_\_\_ Lavado de los productos \_\_\_\_\_  
Uso de desinfectante después del lavado \_\_\_\_\_ Especifique \_\_\_\_\_  
Secado del exceso de humedad \_\_\_\_\_ Utilización de encerado \_\_\_\_\_  
Manipulación cuidadosa \_\_\_\_\_ Otra \_\_\_\_\_

Apéndice B. Estudio de opinión aplicado a los consumidores sobre los problemas fitosanitarios de las frutas y hortalizas y las condiciones de almacenamiento en los puntos de venta del Mercado Municipal de Cumaná, estado Sucre.



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE SUCRE  
POSTGRADO EN BIOLOGÍA APLICADA  
MENCION BOTÁNICA APLICADA

ESTUDIO DE OPINIÓN SOBRE LOS PROBLEMAS FITOSANITARIOS EN FRUTAS Y HORTALIZAS Y LAS CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO EN LOS PUNTOS DE VENTA DEL MERCADO MUNICIPAL DE CUMANÁ, ESTADO SUCRE.

**CONSUMIDOR**

1.- ¿Cuáles son las frutas frecuentemente compradas y consumidas por usted? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2.- ¿Cuáles son las hortalizas frecuentemente compradas y consumidas por usted? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3.- ¿Las frutas son desinfectadas por usted antes de ser consumidas?  
Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Especifique \_\_\_\_\_

4.- ¿Las hortalizas son desinfectadas por usted antes de ser consumidas?  
Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ Especifique \_\_\_\_\_

5.- ¿Cuáles son las frutas y hortalizas que se dañan con mayor facilidad después de su compra?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

6.- Una vez realizada sus compras de frutas y hortalizas cómo evalúa los siguientes aspectos:

	Muy bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy malo
Condiciones de almacenamiento					
Calidad de los alimentos comprados					
Higiene de los expendedores					
Higiene del punto de venta					

Apéndice C. Encuestas realizadas a los consumidores y vendedores de los puntos de venta del Mercado Municipal de Cumaná, estado Sucre.

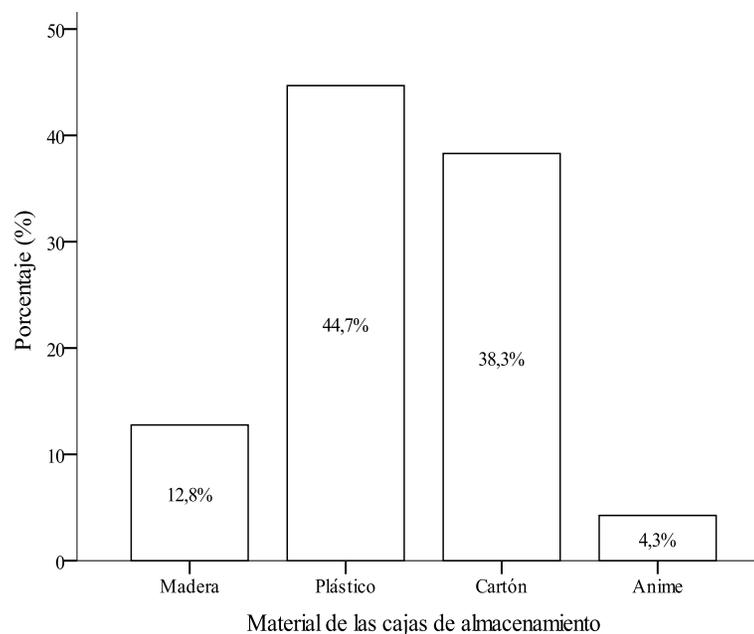


Figura C1. Material de las cajas empleadas por los expendedores para el almacenamiento de las frutas y hortalizas, terminadas sus labores diarias de trabajo.

Tabla C1. Condiciones de almacenamiento de las frutas y hortalizas comercializadas por los vendedores del Mercado Municipal de Cumaná después de terminadas sus labores diarias de trabajo.

	Condiciones de almacenamiento					
	Lavado		Temperatura		Condición	
	Lavado	Sin lavar	28-30°C	4°C	Húmedas	Secas
% Vendedores consultados	12	88	24	76	4	96

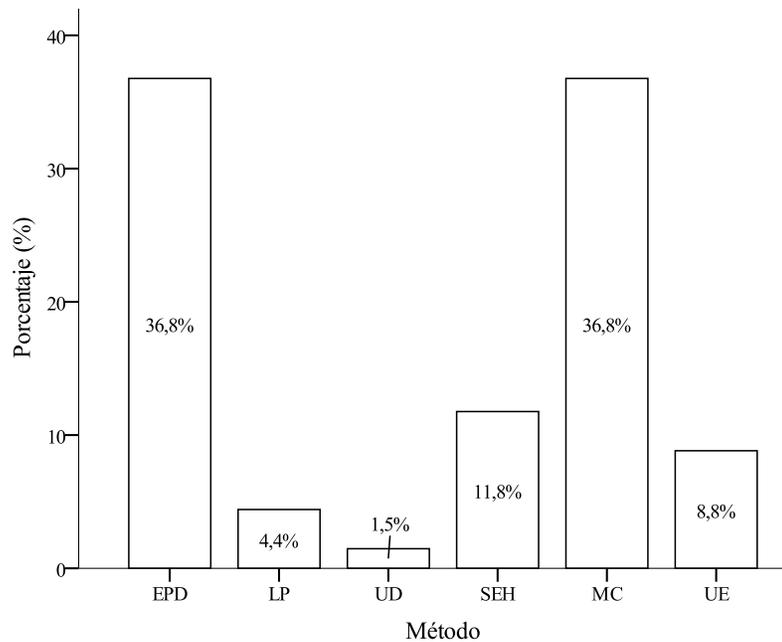


Figura C2. Método empleado para el control del deterioro de las frutas y hortalizas antes de ser almacenadas por los expendedores después de terminadas sus labores diarias de trabajo. EPD: eliminación de los productos dañados, LP: lavado de los productos, UD: uso de desinfectantes, SEH: secado del exceso de humedad, MC: manipulación cuidadosa y UE: Utilización de encerado.

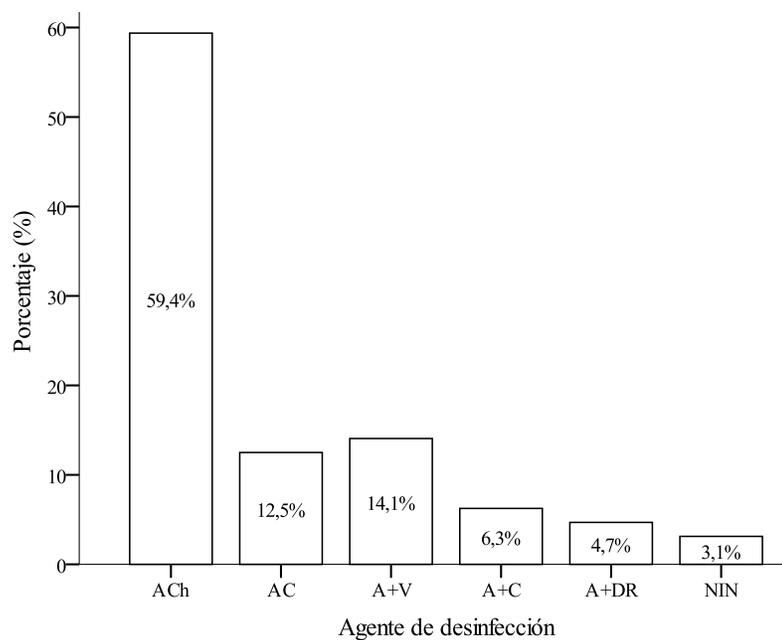


Figura C3. Agentes empleados por los consumidores para la desinfección de las frutas compradas, antes de ser consumidas. ACh: Agua de chorro (28-30°C), AC: agua caliente, A+V: agua con vinagre, A+C: agua con cloro, A+DR: agua con detergente de ropa y NIN: ninguno.

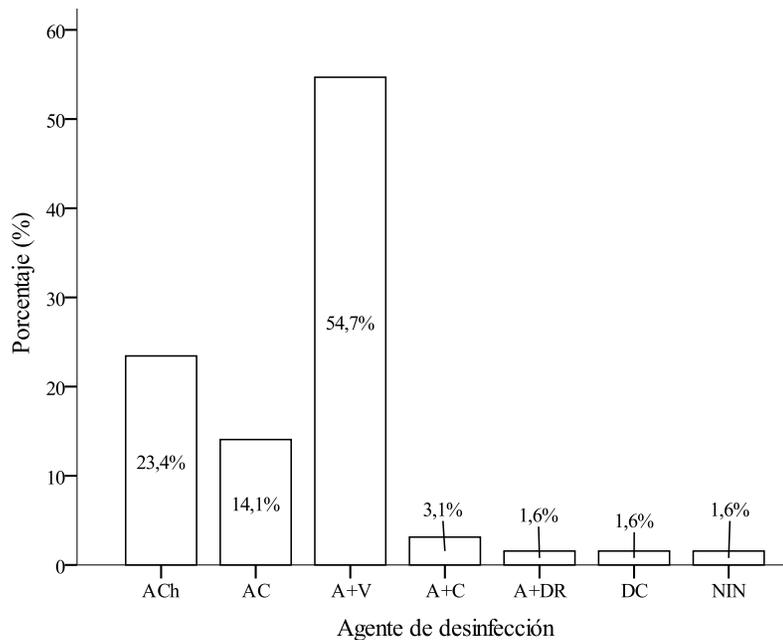


Figura C4. Agentes empleados por los consumidores para la desinfección de las hortalizas compradas, antes de ser consumidas. ACh: Agua de chorro (28-30°C), AC: agua caliente, A+V: agua con vinagre, A+C: agua con cloro, A+DR: agua con detergente de ropa, DC: desinfectante comercial y NIN: ninguno.

Tabla C2. Evaluación de las condiciones de almacenamiento, la calidad de los productos adquiridos por los consumidores, la higiene de los expendedores y de los distintos puntos de venta del Mercado Municipal de Cumaná.

Evaluación	Muy bueno (%)	Bueno (%)	Regular (%)	Malo (%)	Muy malo (%)
Condiciones de almacenamiento	---	16,4	40,0	25,5	18,2
Calidad de los alimentos comprados	1,8	40,0	52,7	5,5	---
Higiene de los expendedores	---	12,7	47,3	20,0	20,0
Higiene del punto de venta	---	14,5	43,6	20,0	21,8

Apéndice D. Porcentaje de pudriciones de las frutas y hortalizas almacenadas a temperatura ambiente (28-30°C).

Tabla D1. Porcentaje de pudriciones de los ejemplares de cambur, durazno, guayaba, pimentón, tomate y zanahoria sometidos a los distintos tratamientos a los 5, 8, 12 y 15 días de incubación.

Tratamientos	Días de incubación			
	5	8	12	15
C+CAR+SLA	0,00	66,67	100,00	100,00
C+CAR+LA	16,67	50,00	83,33	100,00
C+PLA+SLA	100,00	100,00	100,00	100,00
C+PLA+LA	16,67	100,00	100,00	100,00
D+CAR+SLA	0,00	16,67	50,00	83,33
D+CAR+LA	16,67	33,33	50,00	83,33
D+PLA+SLA	16,67	33,33	66,67	66,67
D+PLA+LA	0,00	0,00	33,33	50,00
G+CAR+SLA	0,00	83,33	100,00	100,00
G+CAR+LA	50,00	66,67	100,00	100,00
G+PLA+SLA	100,00	100,00	100,00	100,00
G+PLA+LA	66,67	100,00	100,00	100,00
P+CAR+SLA	0,00	0,00	0,00	0,00
P+CAR+LA	0,00	0,00	16,67	16,67
P+PLA+SLA	16,67	33,33	83,33	83,33
P+PLA+LA	50,00	66,67	83,33	100,00
T+CAR+SLA	0,00	0,00	0,00	0,00
T+CAR+LA	16,67	16,67	16,67	16,67
T+PLA+SLA	0,00	0,00	0,00	0,00
T+PLA+LA	0,00	0,00	16,67	33,33
Z+CAR+SLA	0,00	16,67	100,00	100,00
Z+CAR+LA	16,67	33,33	100,00	100,00
Z+PLA+SLA	0,00	0,00	0,00	0,00
Z+PLA+LA	16,67	16,67	16,67	16,67

C: cambur, D: durazno, G: guayaba, P: pimentón, T: tomate, Z: zanahoria, CAR: cajas de cartón, PLA: cajas de plástico, SLA: sin lavar y LA: lavadas.

Tabla D2. Análisis a posteriori (Duncan 95%) aplicado al porcentaje de pudriciones de los cambures almacenados en cajas de cartón y plástico a temperatura ambiente (28-30°C) a los 15 días de incubación.

Cajas	Tamaño Muestra	Media	Grupos homogéneos
Plástico	24	89,5833	a
Cartón	24	64,5833	b

Tabla D3. Análisis a posteriori (Duncan 95%) aplicado al porcentaje de pudriciones de las guayabas almacenadas en cajas de cartón y plástico a temperatura ambiente (28-30°C) a los 15 días de incubación.

Cajas	Tamaño Muestra	Media	Grupos homogéneos
Plástico	24	95,8333	a
Cartón	24	75,0	b

Tabla D4. Análisis a posteriori (Duncan 95%) aplicado al porcentaje de pudriciones de los pimentones almacenados en cajas de cartón y plástico a temperatura ambiente (28-30°C) a los 15 días de incubación.

Cajas	Tamaño Muestra	Media	Grupos homogéneos
Plástico	24	64,5833	a
Cartón	24	4,16667	b

Tabla D5. Análisis a posteriori (Duncan 95%) aplicado al porcentaje de pudriciones de las zanahorias almacenadas en cajas de cartón y plástico a temperatura ambiente (28-30°C) a los 15 días de incubación.

Cajas	Tamaño Muestra	Media	Grupos homogéneos
Cartón	24	58,3333	a
Plástico	24	8,33333	b

Tabla D6. Análisis a posteriori (Duncan 95%) aplicado al porcentaje de pudriciones de los tomates lavados o no, almacenados a temperatura ambiente (28-30°C) a los 15 días de incubación.

Estado	Tamaño Muestra	Media	Grupos homogéneos
Lavado	24	14,5833	a
Sin lavar	24	0,0	b

Tabla D7. Análisis a posteriori (Duncan 95%) aplicado al porcentaje de pudriciones de los cambures almacenados a temperatura ambiente (28-30°C) durante el tiempo de incubación (en días).

Incubación	Tamaño Muestra	Media	Grupos homogéneos
15	12	100,0	a
12	12	95,8333	a
8	12	79,1667	a
5	12	33,3333	b

Tabla D8. Análisis a posteriori (Duncan 95%) aplicado porcentaje de pudriciones de los duraznos almacenados a temperatura ambiente (28-30°C) durante el tiempo de incubación (en días).

Incubación	Tamaño Muestra	Media	Grupos homogéneos
15	12	70,8333	a
12	12	50,0	a
8	12	20,8333	b
5	12	8,33333	b

Tabla D9. Análisis a posteriori (Duncan 95%) aplicado porcentaje de pudriciones de las guayabas almacenadas a temperatura ambiente (28-30°C) durante el tiempo de incubación (en días).

Incubación	Tamaño Muestra	Media	Grupos homogéneos
15	12	100,0	a
12	12	100,0	a
8	12	87,5	a
5	12	54,1667	b

Tabla D10. Análisis a posteriori (Duncan 95%) aplicado al porcentaje de pudriciones de las zanahorias almacenadas a temperatura ambiente (28-30°C) durante el tiempo de incubación (en días).

Incubación	Tamaño Muestra	Media	Grupos homogéneos
15	12	54,1667	a
12	12	54,1667	a
8	12	16,6667	b
5	12	8,33333	b

Tabla D11. Análisis a posteriori (Duncan 95%) aplicado al porcentaje de pudriciones de las frutas y hortalizas almacenadas a temperatura ambiente (28-30°C) a los 15 días de incubación.

Vegetal	Tamaño Muestra	Media	Grupos homogéneos
Guayaba	48	85,4167	a
Cambur	48	77,0833	a
Durazno	48	37,5	b
Pimentón	48	34,375	b
Zanahoria	48	33,3333	b
Tomate	48	7,29167	c

Apéndice E. Porcentaje de pérdida de masa de las frutas y hortalizas almacenadas a temperatura ambiente (28-30°C).

Tabla E1. Porcentaje de pérdida de masa de los ejemplares de cambur, durazno, guayaba, pimentón, tomate y zanahoria sometidos a los distintos tratamientos a los 5, 8, 12 y 15 días de incubación.

Tratamientos	Días de incubación			
	5	8	12	15
C+CAR+SLA	20,66	40,53	64,29	
C+CAR+LA	17,46	42,08	60,43	
C+PLA+SLA	7,77	38,04	40,18	
C+PLA+LA	12,61	40,67	45,90	
D+CAR+SLA	43,94	58,98	63,04	69,96
D+CAR+LA	44,59	55,95	65,87	73,59
D+PLA+SLA	31,20	39,70	39,70	51,90
D+PLA+LA	39,02	45,03	45,03	50,81
G+CAR+SLA	18,95	43,63	67,60	
G+CAR+LA	21,06	44,03	69,30	
G+PLA+SLA	8,05	16,54	17,38	
G+PLA+LA	10,15	19,51	24,51	
P+CAR+SLA	28,60	44,02	57,49	63,96
P+CAR+LA	18,76	33,58	55,78	66,37
P+PLA+SLA	11,26	25,13	39,43	52,81
P+PLA+LA	29,38	41,07	53,82	79,04
T+CAR+SLA	14,41	22,58	22,58	25,81
T+CAR+LA	10,46	23,20	33,81	40,67
T+PLA+SLA	8,16	15,90	17,14	21,50
T+PLA+LA	4,57	7,98	6,84	23,32
Z+CAR+SLA	51,84	77,05	87,34	90,51
Z+CAR+LA	52,30	73,90	87,47	91,38
Z+PLA+SLA	-2,90	9,92	9,92	17,26
Z+PLA+LA	7,22	10,40	13,81	22,65

C: cambur, D: durazno, G: guayaba, P: pimentón, T: tomate, Z: zanahoria, CAR: cajas de cartón, PLA: cajas de plástico, SLA: sin lavar y LA: lavadas.

Tabla E2. Análisis a posteriori (Duncan 95%) aplicado al porcentaje de pérdida de masa de los cambures almacenados en cajas de cartón y plástico a temperatura ambiente (28-30°C) a los 12 días de incubación.

Cajas	Tamaño Muestra	Media	Grupos homogéneos
Cartón	36	40,9075	a
Plástico	36	30,8597	b

Tabla E3. Análisis a posteriori (Duncan 95%) aplicado al porcentaje de pérdida de masa de los duraznos almacenados en cajas de cartón y plástico a temperatura ambiente (28-30°C) a los 15 días de incubación.

Cajas	Tamaño Muestra	Media	Grupos homogéneos
Cartón	48	59,4906	a
Plástico	48	43,2971	b

Tabla E4. Análisis a posteriori (Duncan 95%) aplicado al porcentaje de pérdida de masa de las guayabas almacenadas en cajas de cartón y plástico a temperatura ambiente (28-30°C) a los 12 días de incubación.

Cajas	Tamaño Muestra	Media	Grupos homogéneos
Cartón	36	44,0936	a
Plástico	36	16,0256	b

Tabla E5. Análisis a posteriori (Duncan 95%) aplicado al porcentaje de pérdida de masa de los pimentones almacenados en cajas de cartón y plástico a temperatura ambiente (28-30°C) a los 15 días de incubación.

Cajas	Tamaño Muestra	Media	Grupos homogéneos
Cartón	48	46,0681	a
Plástico	48	41,4919	b

Tabla E6. Análisis a posteriori (Duncan 95%) aplicado al porcentaje de pérdida de masa de los tomates almacenados en cajas de cartón y plástico a temperatura ambiente (28-30°C) a los 15 días de incubación.

Cajas	Tamaño Muestra	Media	Grupos homogéneos
Cartón	48	24,190	a
Plástico	48	13,176	b

Tabla E7. Análisis a posteriori (Duncan 95%) aplicado al porcentaje de pérdida de masa de las zanahorias almacenadas en cajas de cartón y plástico a temperatura ambiente (28-30°C) a los 15 días de incubación.

Cajas	Tamaño Muestra	Media	Grupos homogéneos
Cartón	48	76,4756	a
Plástico	48	11,0373	b

Tabla E8. Análisis a posteriori (Duncan 95%) aplicado al porcentaje de pérdida de masa de los cambures almacenados a temperatura ambiente (28-30°C) durante el tiempo de incubación (en días).

Incubación	Tamaño Muestra	Media	Grupos homogéneos
12	24	52,6971	a
8	24	40,3296	b
5	24	14,6242	c

Tabla E9. Análisis a posteriori (Duncan 95%) aplicado al porcentaje de pérdida de masa de los duraznos almacenados a temperatura ambiente (28-30°C) durante el tiempo de incubación (en días).

Incubación	Tamaño Muestra	Media	Grupos homogéneos
15	24	61,5658	a
12	24	53,4075	b
8	24	50,9146	b
5	24	39,6875	c

Tabla E10. Análisis a posteriori (Duncan 95%) aplicado al porcentaje de pérdida de masa de las guayabas almacenadas a temperatura ambiente (28-30°C) durante el tiempo de incubación (en días).

Incubación	Tamaño Muestra	Media	Grupos homogéneos
12	24	44,6992	a
8	24	30,9267	b
5	24	14,5529	c

Tabla E11. Análisis a posteriori (Duncan 95%) aplicado al porcentaje de pérdida de masa de los pimentones almacenados a temperatura ambiente (28-30°C) durante el tiempo de incubación (en días).

Incubación	Tamaño Muestra	Media	Grupos homogéneos
15	24	65,5438	a
12	24	51,6292	b
8	24	35,9492	c
5	24	21,9979	d

Tabla E12. Análisis a posteriori (Duncan 95%) aplicado al porcentaje de pérdida de masa de los tomates almacenados a temperatura ambiente (28-30°C) durante el tiempo de incubación (en días).

Incubación	Tamaño Muestra	Media	Grupos homogéneos
15	24	27,8271	a
12	24	20,0921	ab
8	24	17,4142	bc
5	24	9,39917	c

Tabla E13. Análisis a posteriori (Duncan 95%) aplicado al porcentaje de pérdida de masa de las zanahorias almacenadas a temperatura ambiente (28-30°C) durante el tiempo de incubación (en días).

Incubación	Tamaño Muestra	Media	Grupos homogéneos
15	24	55,4521	a
12	24	49,6371	a
8	24	42,8204	ab
5	24	27,1162	b

Tabla E14. Análisis a posteriori (Duncan 95%) aplicado al porcentaje de pérdida de masa de las frutas y hortalizas almacenadas a temperatura ambiente (28-30°C) a los 12 días de incubación.

Vegetal	Tamaño Muestra	Media	Grupos homogéneos
Durazno	72	48,0032	a
Zanahoria	72	39,8579	b
Pimentón	72	36,5254	bc
Cambur	72	35,8836	bc
Guayaba	72	30,0596	c
Tomate	72	15,6351	d

Apéndice F. Efecto *in vitro* de la presión osmótica y de los agentes químicos de desinfección post-compra empleados por los consumidores.

Tabla F1. Crecimiento micelial (cm<sup>2</sup>) de *Aspergillus flavus*, *Penicillium digitatum*, *Aspergillus niger* y *Botrytis cinerea* en PDA modificado con 0; 0,34; 0,68 y 1,02 M de NaCl a los ocho días de incubación a temperatura ambiente (28-30°C).

Cepa	Concentración de NaCl			
	0 M	0,34 M	0,68 M	1,02 M
<i>Aspergillus flavus</i>	38,35	71,10	57,60	78,37
<i>Penicillium digitatum</i>	81,00	78,00	81,00	78,00
<i>Aspergillus niger</i>	81,00	79,50	81,00	76,31
<i>Botrytis cinerea</i>	80,70	80,70	81,00	81,00

Tabla F2. Diámetro del halo de inhibición (mm) formados alrededor de los discos impregnados hipoclorito de sodio, ácido acético y bicarbonato de sodio en PDA inoculados con *Aspergillus flavus*, *Penicillium digitatum*, *Aspergillus niger* y *Botrytis cinerea* a los seis días de incubación a temperatura ambiente (28-30°C).

Desinfectantes		Cepas			
		<i>A. flavus</i>	<i>P. digitatum</i>	<i>A. niger</i>	<i>B. cinerea</i>
Hipoclorito de sodio	0%	0	0	0	0
	1,06%	0	0	0	0
	2,13%	0	0	14,3	0
	4,25%	17,0	0	16,0	0
Ácido acético	0%	0	0	0	0
	1,25%	0	0	0	0
	2,5%	0	0	0	0
	5%	0	0	0	0
Bicarbonato de sodio	0%	0	0	*	0
	0,75%	0	0	*	27,6
	1,5%	0	0	*	30,0
	3%	0	0	*	32,0

\*: El diámetro del halo de inhibición no fue calculado debido a la inhibición total de la cepa fúngica y a la licuefacción del medio.

## HOJAS DE METADATOS

### Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

<b>Título</b>	Hongos fitopatógenos causantes del rápido deterioro hortofrutícola en el Mercado Municipal de Cumaná, estado Sucre, Venezuela
<b>Subtítulo</b>	

#### Autor(es)

<b>Apellidos y Nombres</b>	<b>Código CVLAC / e-mail</b>	
<b>Medina M., Fanny Del V.</b>	<b>CVLAC</b>	<b>18417742</b>
	<b>e-mail</b>	<b>medinamfanny_13@hotmail.com</b>
	<b>e-mail</b>	
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>CVLAC</b>	
	<b>e-mail</b>	
	<b>e-mail</b>	

#### Palabras o frases claves:

Enfermedades post-cosecha
Hongos fitopatógenos
Almacenamiento

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

### Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ciencias	Biología

### Resumen (abstract):

Se evaluaron los hongos que causan el rápido deterioro hortofrutícola en el Mercado Municipal de Cumaná. Ejemplares sanos lavados o no de cambur, durazno, guayaba, pimentón, tomate y zanahoria fueron almacenados en cajas de cartón o plástico durante 5, 8, 12 y 15 días para analizar el efecto de las condiciones de almacenamiento sobre el desarrollo *in vivo* de dichas enfermedades. Se aislaron, describieron e identificaron los patógenos encontrados en las frutas, se les realizó pruebas de patogenicidad y evaluó el efecto de la presión osmótica y la efectividad de los agentes químicos de desinfección post-compra empleados por los consumidores. Entre los 12 a 15 días se observó el mayor índice de pudrición en los vegetales en cajas de plástico; mientras que la mayor pérdida de masa se obtuvo en aquellos mantenidos en cajas de cartón. El lavado superficial muestra diferencias estadísticamente no significativas sobre estas variables en los vegetales evaluados, exceptuando el tomate, donde los ejemplares lavados registraron el mayor número de pudriciones en comparación con los almacenados sin lavar. Se aisló y comprobó la patogenicidad de: *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *Penicillium digitatum*, *P. sp. 1*, *P. sp. 2* y *Botrytis cinerea*. La reducción de la actividad de agua no afectó el crecimiento micelial de *A. flavus*, *P. digitatum*, *A. niger* y *B. cinerea*. El bicarbonato de sodio (0,75; 1,5 y 3%) permitió la inhibición total de *A. niger* y parcial de *B. cinerea*; mientras que la concentración comercial de hipoclorito de sodio (4,25%) fue el único agente capaz de inhibir el crecimiento de *A. flavus*. Las cepas de *P. digitatum* son resistentes a los agentes químicos de desinfección empleados en este estudio a temperatura ambiente. Los resultados evidencian que las condiciones de almacenamiento influyen directamente sobre la vida útil e inocuidad de los rubros hortofrutícolas, las cuales los hacen más vulnerables al ataque de patógenos fúngicos.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Mimbela T., Isabel	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input checked="" type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	15575530
	e-mail	isamimbela@hotmail.com
	e-mail	imimbela@udo.edu.ve
Imery B., José	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	8650956
	e-mail	j_imery@yahoo.com
	e-mail	
Sánchez C., María	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	12154713
	e-mail	mcsanchez@udo.edu.ve
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2017	03	27

Lenguaje: SPA

## Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

### Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
P.G-MedinaF.doc	Application/word

### Alcance:

**Espacial:** Nacional (Opcional)

**Temporal:** Temporal (Opcional)

### Título o Grado asociado con el trabajo:

Magister Scientiarum en Biología Aplicada Mención: Botánica Aplicada

**Nivel Asociado con el Trabajo:** Magister Scientiarum

### Área de Estudio:

Biología

### Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

Universidad de Oriente, núcleo de Sucre

# Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
CONSEJO UNIVERSITARIO  
RECTORADO

CU N° 0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano  
**Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ**  
Vicerrector Académico  
Universidad de Oriente  
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
SISTEMA DE BIBLIOTECA

RECIBIDO POR *[Firma]*

FECHA 05/8/09 HORA 5:30

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

*[Firma]*  
**JUAN A. BOLAÑOS CUMPELO**  
Secretario



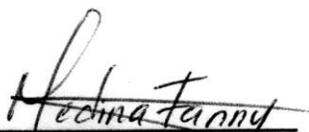
C.C.: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/maruja

Apartado Correos 094 / Telfs: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumaná - Venezuela

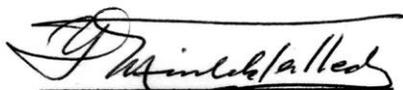
**Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso- 6/6**

**Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009) :** “los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario para su autorización”.



**Licda. Fanny Medina**

**AUTOR 1**



**M.Sc. Isabel Mimbela de Loroño**

**ASESORA**