

**Implementación de la inmersión en agua caliente complementada con sustancias alternativas para el combate de la antracnosis y la calidad en papaya (*Carica papaya* L.) Híbrido Pococí**

**Daniel Gustavo Sánchez Prado**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE PROFESIONAL DE INGENIERO  
AGRÓNOMO CON EL GRADO DE LICENCIADO EN AGRONOMÍA**

**ESCUELA DE AGRONOMÍA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS  
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

**2019**

**Implementación de la inmersión en agua caliente complementada con sustancias alternativas para el combate de la antracnosis y la calidad en papaya (*Carica papaya* L.)  
Híbrido Pococí**

Daniel Gustavo Sánchez Prado

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE PROFESIONAL DE INGENIERO  
AGRÓNOMO CON EL GRADO DE LICENCIADO EN AGRONOMÍA**



DIRECTORA DE TESIS

Dra. Gerardina Umaña Rojas



MIEMBRO DEL TRIBUNAL

M.Sc. Eric Mora Newcomer



MIEMBRO DEL TRIBUNAL

M. Sc. Óscar Castro Zúñiga



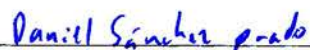
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Lic. Alfredo Durán Quirós



DIRECTOR DE ESCUELA

Ph.D Luis Gómez Alpízar



SUSTENTANTE

Daniel Gustavo Sánchez Prado

## **Dedicatoria**

Al Dios todopoderoso que me dio la capacidad para completar la meta de manera satisfactoria y por colocar a las personas indicadas para lograrlo.

## **Agradecimientos**

A mis padres Francisco Sánchez Corrales y María de los Ángeles Prado Aguilar, que aunque a la distancia, sé que tuve todo su apoyo. Gracias por enseñarme a trabajar honrada y humildemente en todo lo que hago.

Al laboratorio tecnología poscosecha por ser parte de mi formación como profesional.

A mis amigos Diego Fallas, Estefanía Ortiz, Gabriela Santamaría, Jessica Hidalgo, Kelly Salinas, Manlly Lu, Marco Corrales, Rogelio Villegas, Simón Uribe, Stephanie Mayorga y Steven Quirós ya que fueron parte fundamental de este trabajo por su gran apoyo en la parte práctica.

Agradezco de manera especial a la Dra. Gerardina Umaña Rojas por su gran ayuda y apoyo durante el transcurso de este trabajo, sus comentarios acertados y guía me hicieron crecer como profesional, además, gracias por su amistad y gran calor humano.

A los profesores del laboratorio tecnología poscosecha M.Sc. Marco Vinicio Sáenz Murillo, Dra. Maricruz Ramírez Sánchez, M.Sc. Paula Calvo M.Sc. Johanny Castro Chinchilla por sus aportes en mi formación como profesional y por su amistad.

A Diego Fallas por su amistad y ayuda incondicional durante la elaboración de este trabajo, además, por las tardes de café en el laboratorio, todo ese compañerismo me ayudó en gran manera a seguir y finalizar con éxito.

A mi novia Jeimy González Fonseca, por su compañía, amor y apoyo en todo momento.

A todos mis compañeros de generación los cuales formaron un importante vínculo durante el transcurso de la carrera.

# Índice General

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice General.....	iv
Índice de figuras.....	vii
Índice de cuadros.....	x
Resumen.....	xii
Introducción.....	1
1.1    Objetivo general.....	2
1.2    Objetivos específicos.....	2
2.    Antecedentes.....	3
2.1.    Enfermedades que afectan la papaya.....	3
2.2.    Antracnosis.....	4
2.2.1    Síntomas.....	5
2.2.2    Ciclo de vida del patógeno.....	6
2.3    Proceso poscosecha en papaya.....	7
2.4    Alternativas para el combate de patógenos poscosecha.....	8
2.4.1    Inmersión en agua caliente.....	8
2.4.2    Sustancias alternativas.....	9
2.4.2.1    Quitosano.....	9
2.4.2.2    Ceras.....	11
2.4.2.3    Cloruro de Calcio (CaCl <sub>2</sub> ).....	12
2.4.2.4    Extractos y aceites esenciales.....	13
2.5.    Manejo integrado.....	14
3.    Materiales y métodos.....	15
3.1.    Recolección de la fruta.....	15
3.2.    Proceso en Laboratorio Tecnología Poscosecha (LTP).....	15
3.3.    Preparación de inóculo.....	16
3.3.1.    Reproducción del patógeno.....	16
3.3.2.    Preparación de suspensión madre de conidios del patógeno.....	16
3.3.3.    Inoculación de la fruta.....	17

3.4.	Inmersión en agua caliente (IAC).....	17
3.5.	Evaluaciones .....	18
3.6.	Variables evaluadas en los ensayos .....	18
3.6.1.	Enfermedades .....	18
3.6.2.	Firmeza .....	19
3.6.3.	Color .....	19
3.6.4.	Porcentaje de color amarillo .....	19
3.6.5.	Brix .....	20
3.6.6.	Pérdida de peso .....	20
3.6.7.	Tasa respiratoria .....	20
3.7.	Descripción de los ensayos .....	21
3.7.1.	Ensayo 1: Selección del tiempo y temperatura de inmersión.....	21
4.2.	Ensayo 2: Inmersión en agua caliente en combinación con ceras .....	22
4.3.	Ensayo 3: Inmersión en agua caliente en combinación con sustancias alternativas.	23
4.4.	Ensayo 4. Inmersión en agua caliente en combinación con los mejores tratamientos	25
4.4.	Análisis estadístico .....	26
5.	Resultados.....	27
5.1.	Ensayo 1: selección del tiempo y temperatura de inmersión.....	27
5.1.1.	Variables fitosanitarias .....	27
5.1.2.	Variables de calidad.....	33
5.2.	Discusión ensayo 1: selección de la temperatura y tiempo de inmersión.....	36
5.3.	Resultados ensayo 2: Inmersión en agua caliente en combinación con ceras .....	40
5.3.1.	Variables fitosanitarias .....	41
5.3.2.	Variables de calidad.....	43
5.4.	Discusión ensayo 2: inmersión en agua caliente en combinación con ceras .....	45
5.5.	Ensayo 3: Inmersión en agua caliente en combinación con sustancias alternativas.	48
5.5.1.	Variables fitosanitarias .....	49
5.5.2.	Variables de calidad.....	52
5.6.	Discusión ensayo 3: Inmersión en agua caliente en combinación con sustancias alternativas .....	55
5.7.	Ensayo 4: Inmersión en agua caliente en combinación de los mejores tratamientos	59

5.7.1. Variables fitosanitarias .....	60
5.7.2. Variables de calidad.....	63
5.8. Discusión ensayo 4: Inmersión en agua caliente en combinación de los mejores tratamientos.....	66
6. Conclusiones.....	71
7. Recomendaciones .....	73
8. Bibliografía.....	73
9. Anexos.....	84

## Índice de figuras

Figura 1. Esquema de colonización por parte de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> . Se muestra la fase biotrófica y necrotrófica. <b>Fuente:</b> Modificado de Prusky et al. 2013:158.....	6
Figura 2. Ciclo de vida general de <i>Colletotrichum</i> sp. <b>Fuente:</b> Modificado de De Silva et al. 2017:158.....	7
Figura 3. Incidencia de moho en pedúnculo en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones correspondientes a salida de cámara y 4 días después de la salida de cámara (4 ddsc) en los tratamientos aplicados. Barras corresponden a error estándar. ....	28
Figura 4. Severidad de moho en pedúnculo en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones correspondientes a salida de cámara y 4 días después de la salida de cámara (4 ddsc) en los tratamientos aplicados. Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes ( $p>0,05$ ) según prueba DGC. Barras corresponden a error estándar.....	28
Figura 5. Incidencia de pudrición peduncular en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones correspondientes a salida de cámara y 4 días después de la salida de cámara (4 ddsc) en los tratamientos aplicados. Barras corresponden a error estándar. ....	29
Figura 6. Severidad de pudrición peduncular en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones correspondientes a salida de cámara y 4 días después de la salida de cámara (4 ddsc) en los tratamientos aplicados. Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes ( $p>0,05$ ) según prueba DGC. Barras corresponden a error estándar.....	30
Figura 7. Incidencia de antracnosis en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones correspondientes a salida de cámara y 4 días después de la salida de cámara (4 ddsc) en los tratamientos aplicados. Barras corresponden a error estándar. ....	31
Figura 8. Severidad de antracnosis en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones correspondientes a salida de cámara y 4 días después de la salida de cámara (4 ddsc) en los tratamientos aplicados. Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes ( $p>0,05$ ) según prueba DGC. Barras corresponden a error estándar.....	31
Figura 9. Firmeza externa en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones de calidad inicial, salida de cámara y 4 días después de salida de cámara (4 ddsc) en los tratamientos	



aplicados. Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes ( $p>0,05$ ) según prueba DGC. Barras corresponden a error estándar.....	34
Figura 10. Firmeza interna en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones de calidad inicial, salida de cámara y 4 días después de salida de cámara (4 ddsc) en los tratamientos aplicados. Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes ( $p>0,05$ ) según prueba DGC. Barras corresponden a error estándar.....	34
Figura 11. Porcentaje de color amarillo en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones de calidad inicial, salida de cámara y 4 días después de salida de cámara en los tratamientos aplicados. Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes ( $p>0,05$ ) según prueba DGC. Barras corresponden a error estándar.....	36
Figura 12. Grados brix en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones de calidad inicial, salida de cámara (SC) y 10 días después de salida de cámara (10 ddsc) en los tratamientos aplicados. IAC: inmersión en agua caliente. C1, C2 y C3: diferentes ceras en diferentes dosis (%), TI: testigo inoculado. Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes ( $p>0,05$ ) según prueba DGC. Barras corresponden a error estándar.....	43
Figura 13. Respiración ( $\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ ) en frutas de papaya híbrido Pococí durante las evaluaciones de entrada a cámara (EC), 7 días después de entrada a cámara (ddec), salida de cámara (SC) y 6 días después de salida de cámara (ddsc) en los tratamientos aplicados. IAC: inmersión en agua caliente. C1, C2 y C3: diferentes ceras en diferentes dosis (%), TI: testigo inoculado. 6 ddsc*: No se logró realizar la medición del tratamiento IAC+C3 20% por la avería en el equipo de medición. Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes ( $p>0,05$ ) según prueba DGC. Barras corresponden a error estándar.....	44
Figura 14. Firmeza externa en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones de calidad inicial, salida de cámara y 10 días después de salida de cámara (10 ddsc) en los tratamientos aplicados. Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes ( $p>0,05$ ) según prueba DGC. Barras corresponden a error estándar.....	53
Figura 15. Firmeza interna en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones de calidad inicial, salida de cámara y 10 días después de salida de cámara (10 ddsc) en los tratamientos aplicados. <i>Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes (<math>p&gt;0,05</math>) según prueba DGC. Barras corresponden a error estándar.</i> ....	53

Figura 16. Tasa Respiratoria (mL CO <sub>2</sub> kg-1h-1) en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones de entrada a cámara, 7 días después de entrada a cámara (7 ddec), salida de cámara y 7 días después de salida de cámara (7 ddsc) y 10 días después de salida de cámara (10 ddsc) en los tratamientos aplicados. <i>Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes (p&gt;0,05) según prueba DGC. Barras corresponden a error estándar.</i> .....	54
Figura 17. Firmeza externa en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones de calidad inicial, salida de cámara y 7 días después de salida de cámara (7 ddsc) en los tratamientos aplicados. <i>Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes (p&gt;0,05) según prueba de DGC. Barras corresponden a error estándar.</i> .....	64
Figura 18. Firmeza interna en papayas híbrido Pococí durante las evaluacionessalida de cámara y 7 días después de salida de cámara (7 ddsc) en los tratamientos aplicados. <i>Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes (p&gt;0,05). Barras corresponden a error estándar.</i> .....	65
Figura 19. Tasa Respiratoria (mL CO <sub>2</sub> kg-1h-1) en frutas de papaya híbrido Pococí durante las evaluaciones de entrada a cámara (EC), 7 días después de entrada a cámara (ddec), salida de cámara (SC) y 7 días después de salida de cámara (ddsc) en los tratamientos aplicados. <i>Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes (p&gt;0,05) según prueba de DGC. Barras corresponden a error estándar.</i> .....	66

## Índice de cuadros

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos utilizados en el ensayo 1 en frutas de papaya híbrido Pococí.....	22
Cuadro 2. Descripción de los tratamientos utilizados en el ensayo 3 en frutas de papaya híbrido Pococí.....	24
Cuadro 3. Descripción de los tratamientos utilizados en el ensayo 4 en frutas de papaya híbrido Pococí.....	25
Cuadro 4. Resumen de las diferencias significativas estadísticas entre tratamientos para las variables evaluadas para el ensayo 1 en papaya híbrido Pococí durante las evaluaciones de salida de cámara y 4 días después de salida de cámara. ....	27
Cuadro 5. Porcentajes de eficacia respecto al testigo inoculado y respecto al tratamiento comercial en frutas de papaya Híbrido Pococí, durante las evaluaciones: salida de cámara y 4 días después de salida de cámara en los tratamientos aplicados. ....	32
Cuadro 6. Medias $\pm$ error estándar de las variables de color L*, b* y *C en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones de salida de cámara y 4 días después de salida de cámara en los tratamientos aplicados.....	35
Cuadro 7. Resumen de las diferencias significativas estadísticas entre tratamientos para las variables evaluadas en el ensayo 2 en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones salida de cámara y 10 días después de salida de cámara (10 ddsc). ....	40
Cuadro 8. Media $\pm$ error estándar de las variables de enfermedades en papaya híbrido Pococí durante las evaluaciones de salida de cámara y 10 días después de salida de cámara. IAC : Inmersión en agua caliente 54°C 4 min.....	42
Cuadro 9. Resumen de las diferencias significativas estadísticas entre tratamientos para las variables evaluadas en el ensayo 3 en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones salida de cámara y 10 días después de salida de cámara (10 ddsc). ....	49
Cuadro 10. Medias $\pm$ error estándar de las variables de enfermedades en papaya híbrido Pococí durante las evaluaciones de salida de cámara y 10 días después de salida de cámara en los tratamientos aplicados. IMP: Incidencia moho pedúnculo, SMP: severidad moho pedúnculo, IPP: incidencia pudrición peduncular, SPP: severidad pudrición peduncular, IA: incidencia antracnosis, SA: severidad antracnosis, IAC: inmersión en agua caliente 54°C 4 min.....	51

Cuadro 11. Medias de las variables de color L*, a*, b*, °hue, *C en papayas híbrido Pococí durante la evaluación 10 días después de salida de cámara en los tratamientos aplicados. ....	52
Cuadro 12. Pérdida de peso acumulado (%) en papayas híbrido Pococí en las evaluaciones de salida de cámara y 10 días después de salida de cámara (10 ddsc) en los tratamientos aplicados. ....	55
Cuadro 13. Resumen de las diferencias significativas estadísticas entre tratamientos para las variables evaluadas en el ensayo 4. ....	60
Cuadro 14. Medias ± error estándar de las variables de enfermedades en papaya híbrido Pococí durante las evaluaciones de salida de cámara y 7 días después de salida de cámara en los tratamientos aplicados. IMP: Incidencia moho pedúnculo, SMP: severidad moho pedúnculo, IPP: incidencia pudrición peduncular, SPP: severidad pudrición peduncular, IA: incidencia antracnosis, SA: severidad antracnosis, IAC: inmersión en agua caliente 54°C 4 min.....	62
Cuadro 15. Medias ± error estándar de las variables de color a*, °hue y porcentaje de color amarillo en frutas de papaya híbrido Pococí durante las evaluaciones de salida de cámara y 7 días después de salida de cámara (7 ddsc) en los tratamientos aplicados. ....	64

## Resumen

Se investigó el efecto de la inmersión en agua caliente en combinación con sustancias alternativas como quitosano, extracto de tomillo, cloruro de calcio y ceras sobre la antracnosis y las principales características físico-químicas de frutas de papaya Híbrido Pococí, proveniente de la zona productiva de Guácimo en Limón, Costa Rica. Para ello se llevaron a cabo 4 etapas o ensayos distintos. En la primera etapa se evaluó el tiempo y temperatura de inmersión en agua caliente (IAC), se implementaron dos tratamientos: 4 minutos de inmersión a una temperatura de 54°C y 10 minutos de inmersión a una temperatura de 50°C y se evaluó su efecto sobre las variables fitosanitarias: moho en pedúnculo, pudrición peduncular y antracnosis, así como las variables de calidad: color externo, firmeza externa e interna y grados brix. La IAC disminuyó el desarrollo de la severidad en un 40% en moho en pedúnculo y pudrición peduncular y hasta un 80% en antracnosis y no modificó las variables de calidad al compararse con las papayas del tratamiento comercial. Por estos efectos y por un menor tiempo de inmersión, el tratamiento de IAC 54°C 4 min se seleccionó como el mejor tratamiento. En la segunda etapa se combinó la IAC 54°C 4 min con tres tipos de ceras y a dos dosis distintas cada cera. En este ensayo se incluyeron las variables pérdida de peso y tasa respiratoria. Respecto al combate de enfermedades no se detectaron diferencias estadísticas con respecto a usar solo el tratamiento IAC en relación con implementar una cera posterior a la IAC. Solo se presentaron diferencias en la tasa respiratoria únicamente posterior a la aplicación de los tratamientos. No se presentaron diferencias en las variables porcentaje de color amarillo, firmeza, color ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $^{\circ}hue$  y  $C^*$ ) y grados brix. En la tercera etapa se combinó la IAC 54°C 4 min con las sustancias quitosano al 1%, extracto de tomillo al 1% y cloruro de calcio al 2,5%. Los resultados obtenidos en el combate de enfermedades fueron variables con respecto a las tres sustancias utilizadas. El tratamiento que presentó tendencia en reducir las pudriciones fue la IAC + quitosano al 1%. Los efectos sobre la calidad de la fruta también presentaron variabilidad. Los tratamientos IAC+ quitosano al 1% e IAC + extracto de tomillo al 1% redujeron el desarrollo de color amarillo y aumentaron la pérdida de peso en la evaluación salida de cámara, IAC + cloruro de calcio al 2,5% y solo IAC mantuvieron más firme la fruta, IAC+ quitosano al 1% redujo la tasa respiratoria posterior a la aplicación de los tratamientos.

En la cuarta etapa se complementó la IAC 54°C 4 min con la mejor cera y la mejor sustancia de la etapa 3 (individualmente y en combinación cera+sustancia) y se comparó con un tratamiento comercial (solo inmersión en fungicida). La combinación IAC + quitosano + cera no presentó efectos sinérgicos en el combate de las enfermedades. La variable moho en pedúnculo en los tratamientos IAC+ cera e IAC+ quitosano al 1% llegó a 22% de severidad y en la combinación de IAC + quitosano + cera fue de 40%. La pudrición peduncular en los tratamientos IAC+ cera e IAC + quitosano fue de 51,6 % y 42,7 % respectivamente y en la combinación (IAC+ quitosano+cera) de 66,8%. Se presentaron resultados similares en antracnosis (100% de incidencia y 12% de severidad). El tratamiento con fungicida presentó el mejor efecto en el combate de la enfermedad antracnosis. Respecto a las variables de calidad, los tratamientos IAC + quitosano al 1% e IAC + quitosano + cera redujeron el avance de color amarillo en la fruta. El tratamiento con fungicida mantuvo los mayores valores de firmeza y el tratamiento IAC + quitosano + cera redujo la tasa respiratoria en un 33% respecto a los demás tratamientos posterior a su aplicación. El tratamiento de inmersión en agua caliente 54°C por 4 minutos permitió una disminución en la incidencia y severidad de enfermedades de la papaya sin afectar la calidad de la fruta.

## Introducción

La papaya (*Carica papaya*) es de gran importancia a nivel mundial por sus cualidades nutricionales al contener altos contenidos de potasio, vitamina A, C, fibra dietética, flavonoides, carotenoides, entre otros, además promueve el desarrollo económico al ser la tercera fruta tropical más producida. Es originaria de América tropical (desde México a Panamá) y se ha extendido a países como la India, Brasil, EEUU, Indonesia, Nigeria, Bélgica, Malasia, etc. La India y Brasil se han posicionado como los principales productores y EEUU como uno de los principales consumidores. Para el año 2016 se estimó que la producción mundial rondó las 12.9 millones de toneladas (Siddiq, 2012, Marin et al. 2015 y Altendorf, 2017).

Alrededor de un tercio de las frutas y vegetales producidas en el mundo nunca llega a ser consumidas debido a daños en el proceso productivo (mecánicos, fisiológicos o por patógenos). En EEUU las pérdidas post-cosecha de frutas y vegetales desde su producción al sitio de venta rondan entre 2% y 23%, sin embargo, en países en desarrollo esta cifra asciende hasta un 50% (Siddiq 2012). Por la naturaleza del fruto de papaya, es propenso a sufrir daños que afectan su calidad como daños físicos, procesos fisiológicos y enfermedades fungosas como las causadas por *Colletotrichum* spp. que provocan pérdidas importantes a nivel poscosecha. En el manejo poscosecha de papaya se han utilizado métodos como atmósfera controlada, disminución de la temperatura durante el almacenamiento, tratamientos con temperatura y humedad relativa alta antes de empaque, inmersión en agua caliente, soluciones de ceras y fungicidas, los cuales disminuyen el impacto de los procesos fisiológicos o por patógenos (Lal et al. 2015).

En el ámbito de la exportación a ciertos mercados como por ejemplo el estadounidense, es necesario el uso de tratamientos para el combate de la mosca del mediterráneo (*Ceratitis capitata*) principal plaga cuarentenaria de la papaya, por lo que se utiliza la inmersión en agua caliente (30 min a 42°C, 20 min a 49°C) (De Azevedo et al. 2007).

Se ha demostrado que el tratamiento de inmersión en agua caliente por tiempos más cortos que los utilizados como tratamiento cuarentenario presentan efectos de disminución sobre la enfermedad antracnosis (*Colletotrichum* spp.) (Silva y Bassay 2014), resultando en una opción factible para el control de esta enfermedad, para su uso poscosecha en papaya, por lo

que se constituye en una alternativa para la papaya de exportación a países donde no sea obligatorio el tratamiento cuarentenario para la mosca de la fruta.

Sumado a este tratamiento con agua caliente actualmente se han investigado diferentes métodos poscosecha para la disminución de pérdidas por enfermedades ante la demanda la reducción del uso de agroquímicos principalmente fungicidas (Henriod et al.2016). Dentro de los tratamientos estudiados se encuentran el uso de soluciones a base de quitosano (Hewajulige et al. 2007, Hewajulige et al. 2009, Dotto et al. 2015) y ceras (Gamagae et al. 2004, Barrera et al. 2012, Corrales y Umaña 2015, Henriod et al. 2016).

Debido a la creciente demanda de alimentos con una menor carga de productos químicos y la necesidad de tratamientos alternativos que presenten efectos favorables en alargar la vida poscosecha de un producto perecedero como la papaya se planteó esta investigación con los siguientes objetivos:

### **1.1 Objetivo general**

Evaluar el efecto de la inmersión en agua caliente en combinación de sustancias alternativas sobre el combate de antracnosis y su efecto en las variables físico-químicas para el mejoramiento de la vida poscosecha en frutos de papaya Híbrido de Pococí.

### **1.2 Objetivos específicos**

- Evaluar los tratamientos de inmersión en agua caliente 54 °C durante 4 minutos y 50°C durante 10 minutos y determinar el más eficaz para el combate de la antracnosis y su efecto en las principales características fisicoquímicas en frutos de papaya.
- Determinar el efecto de la utilización de la inmersión en agua caliente en combinación con 3 tipos de cera poscosecha para el combate de antracnosis y las principales características fisicoquímicas en frutos de papaya.
- Evaluar el uso de la inmersión en agua caliente en combinación con 3 tipos de sustancias: quitosano, cloruro de calcio y extracto de tomillo para el combate de antracnosis y las principales características fisicoquímicas en frutos papaya.
- Determinar el efecto conjunto de la cera y la mejor sustancia alternativa complementada con la inmersión en agua caliente para el combate de la enfermedad antracnosis y las principales características fisicoquímicas en frutos de papaya.



## **2. Antecedentes**

La papaya (*Carica papaya* L.) pertenece a la familia *Caricaceae* la cual contiene 6 géneros, en donde la papaya es el único miembro del género *Carica* (Morton 1987, Bogantes et al. 2011). A pesar de su gran tamaño de hasta 5 metros de altura, esta planta nunca llega a producir madera por lo que se le considera como una hierba gigante (Bogantes et al. 2011).

Dentro de las principales variedades que se han utilizado para la producción de este cultivo en Costa Rica se encuentran dos variedades criollas que se conocen como “Lucia” y “Parriteña”, ambas son de características heterogéneas con un peso de fruta de 1,5 a 2,5 kg y 2 a 3 kg respectivamente. Además se utilizan variedades que debido a su genética se comportan más estables donde sobresalen las del grupo “Solo” (provenientes de Hawaii) y una variedad que se introdujo desde Cuba llamada “Maradol”, esta última presenta frutas de un peso de 2 a 3 kg y una alta susceptibilidad a antracnosis (Castro 1991, Bogantes et al. 2011).

Por otra parte, desde el año 1999 un proyecto en conjunto de las instituciones Universidad de Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería y el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA), logró desarrollar el híbrido llamado Pococí, resultando en pruebas posteriores en el 2001 como un material con características de gran potencial para su uso a nivel comercial en las que resaltan su productividad, el tamaño mediano de la fruta (1,3 kg promedio) y sólidos solubles que alcanzan 11,0° brix (Mora y Bogantes 2004). Sin embargo, ante la afectación de antracnosis el híbrido Pococí es igualmente susceptible ante este patógeno que las variedades criollas (Mora y Bogantes 2004).

La papaya es un fruto climatérico y muy percedero posterior a su cosecha, este presenta una rápida maduración y reducción en su firmeza en este periodo, sumado a esto como la mayoría de los productos percederos es susceptible a daños bióticos y abióticos (Kader 2002).

### **2.1. Enfermedades que afectan la papaya**

Alvarez y Nishijima (1987) mencionan que las pérdidas debido a enfermedades en papaya pueden alcanzar hasta 93% y los daños provocados por estos patógenos se pueden subdividir en tres categorías: las localizadas en la superficie de la fruta, las que se desarrollan a nivel de

pedúnculo y las que afectan el interior de la fruta. En el primer grupo está *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) (antracnosis y mancha chocolate), *Mycosphaerella* (pudrición seca), *Phomopsis* sp. (pudrición húmeda), *Alternaria alternata* (mancha de la fruta producida por alternaria), *Stemphylium* (mancha de fruta por Stemphylium), *Fusarium solani* sensu Snyd. & Hans. (pudrición por Fusarium) y *Guignardia* (mancha de Guignardia) (Alvarez y Nishijima 1987).

En Costa Rica se han mencionado como parte de las enfermedades que se desarrollan en la superficie de la fruta a *Colletotrichum gloeosporioides* (antracnosis), *Phytophthora palmivora*, *Phytophthora capsici* (hongo de agua), *Corynespora* spp (puntos plateados del follaje) *Asperisporium caricae* (mancha negra), *Cercospora papayae* (mancha café) (Bogantes et al. 2011).

La pudrición peduncular es también una enfermedad importante en la poscosecha de papaya y puede ser causada por una gran diversidad de patógenos dentro de los cuales están *Lasiodiplodia theobromae*, *Mycosphaerella* sp., *Phomopsis* sp., *Rhizopus stolonifer*, *Fusarium* sp e incluso *C. gloeosporioides*, entre otros (Alvarez y Nishijima 1987, Dantas et al. 2003).

Dentro del grupo de patógenos que provocan daños en el interior de la fruta se encuentran los hongos *Cladosporium* sp., *Penicillium* sp y *Fusarium* sp., además de las bacterias *Erwinia herbicola* y *Enterobacter cloacae* (Alvarez y Nishijima 1987).

## **2.2. Antracnosis**

A nivel nacional la antracnosis es la enfermedad de mayor importancia ya que el 24% de la fruta que se produce se tiene que desechar debido a este patógeno. Esto se atribuye a que durante un amplio período del ciclo productivo las condiciones de humedad relativa y temperatura le son favorables para su desarrollo en las zonas productoras del país (Guzmán 1998).

Esta enfermedad es causada por el hongo del género *Colletotrichum*. Su estado anamorfo se ha reconocido como *Colletotrichum gloeosporioides* y su estado teleomorfo (sexual) corresponde con el ascomiceto *Glomerella* (Pardo-De la Hoz 2016).

Anteriormente se asoció a *Colletotrichum gloeosporioides* como el agente causal de la antracnosis de la papaya en Costa Rica (Durán y Mora 1987 y Barquero et al. 2013). El desarrollo de técnicas moleculares como la secuenciación de genes y los análisis filogenéticos han permitido en los últimos años obtener información más fiable para la clasificación de hongos entre estos *Colletotrichum*. Este género tiene aproximadamente 189 especies organizadas en 11 linajes filogenéticos, también denominados complejos de especies, donde se agrupan varias especies morfológicamente parecidas, pero genéticamente diferentes (Cai et al. 2009 y Baroncelli et al. 2017).

En el país se identificó que son seis las especies causantes de la antracnosis, de las cuales tres son del complejo *C. gloeosporioides* sensu lato: *C. fructicola*, *C. tropicale* y *C. theobromicola*, otra pertenece al complejo *C. acutatum* sensu lato la cual es *C. simmondsii* y las otras especies son *C. magnum* y *C. capsici* (Ruiz-Campos 2016 y Molina et al. 2017).

La distribución de estas especies en el país presentó algunas diferencias, dado que se encontró que las especies *C. capsici* (*C. truncatum*), *C. magnum*, *C. theobromicola*, están presentes en la zona de Guácimo, las especies *C. fructicola*, *C. tropicale*, *C. magnum* y *C. capsici* en la zona de Parrita y *C. tropicale*, *C. magnum* y *C. simmondsii* en la zona de San Carlos (Ruiz-Campos 2016, Molina-Chaves et al. 2017).

### **2.2.1 Síntomas**

Los síntomas inician principalmente con el proceso de maduración de la fruta, sin embargo, con condiciones favorables estas pueden manifestarse en tejidos de diferente edad. Se observa inicialmente exudación de látex y seguido de la aparición de manchas húmedas de tamaño pequeño. En cuanto la lesión avanza llegan a ser lesiones circulares hundidas de color café claro, además se pueden producir sobre la lesión acumulación de conidios del patógeno con una coloración naranja claro a rosa (Alvarez y Nishijima 1987).

Durán y Mora (1987) mencionan que se presenta una gran diversidad en los síntomas de la antracnosis de la papaya, por lo que lo relacionaron principalmente con la variabilidad y respuesta del hospedante. Ruiz-Campos (2016) también encontró una variedad de síntomas, sin poder determinar un síntoma para cada especie, solamente en el caso de *C. theobromicola* se da un asocio entre síntoma y la especie.

## 2.2.2 Ciclo de vida del patógeno

La infección ocurre en el campo cuando las condiciones son óptimas, el conidio de *Colletotrichum* se adhiere a la superficie del fruto, con base a señales físicas y químicas se da la producción del tubo germinativo (figura 1). Posteriormente este forma un apresorio el cual penetra directamente la cutícula, una vez se da la colonización se inicia el periodo de quiescencia hasta el proceso de maduración en donde se inicia la etapa necrotrófica (Alvarez y Nishijima 1987, Perfect et al. 1999 y Prusky et al. 2013).

Este comportamiento del patógeno se define como hemibiótrofo en donde al inicio se produce una fase biotrófica con la ausencia de síntomas y posteriormente cuando las condiciones óptimas para su desarrollo se presenten cambia a una fase necrotrófica (figura 1) (Prusky et al. 2013).

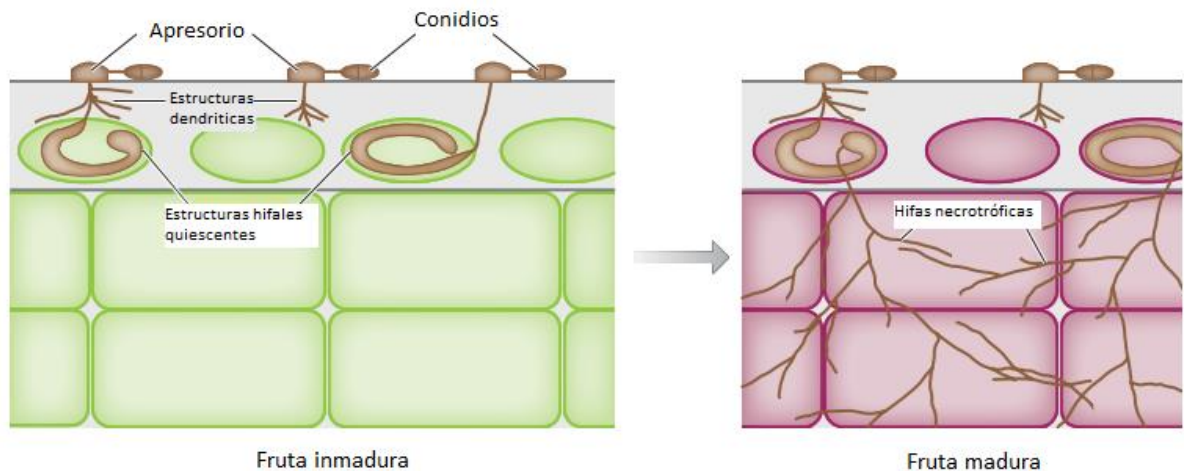


Figura 1. Esquema de colonización por parte de *Colletotrichum gloeosporioides*. Se muestra la fase biotrófica y necrotrófica. **Fuente:** Modificado de Prusky et al. 2013:158

El ciclo de vida de antracnosis (figura 2) puede dar inicio en tejidos como hojas, frutos, peciolo senescentes y en material necrótico (Perfect et al. 1999) o en el suelo (De Silva et al. 2017), ya sea de forma asexual (conidios) o sexual (ascosporas). Estas fuentes de inóculo vuelven a infectar frutas, hojas y flores completando así su ciclo de vida (Guzmán 1998, Perfect et al. 1999).

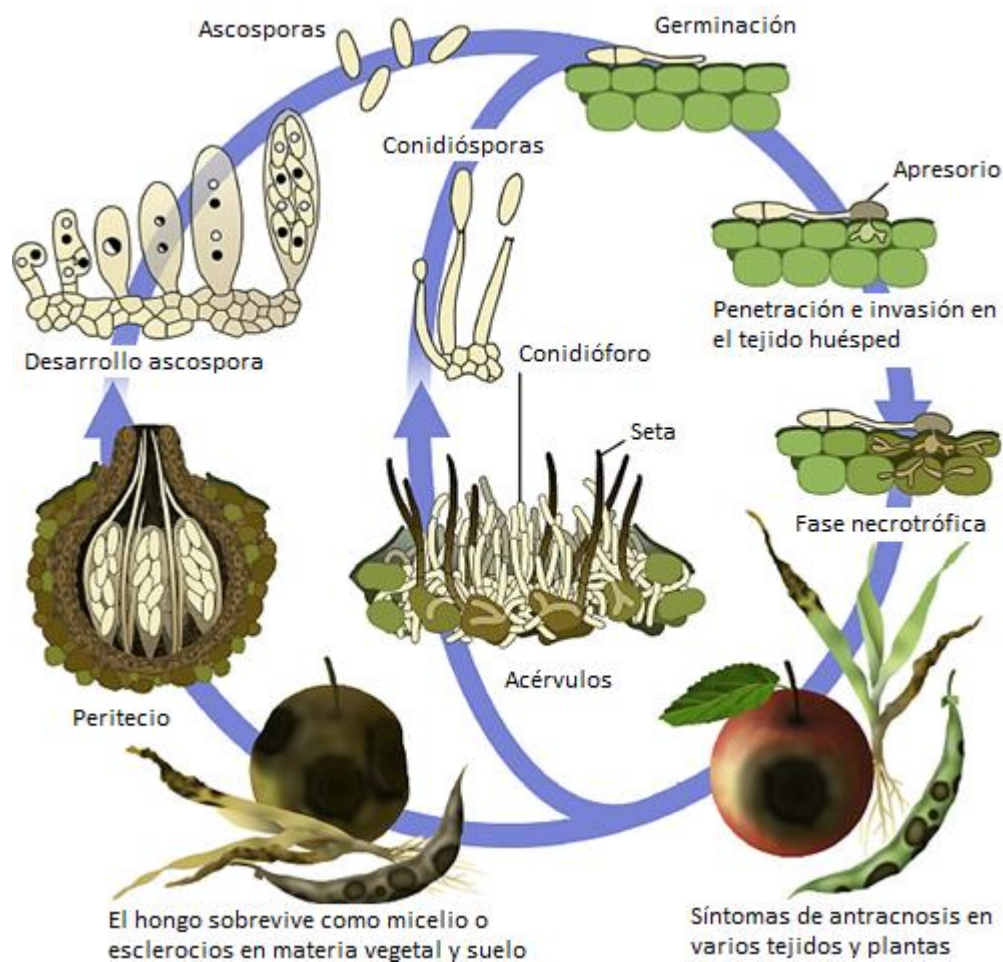


Figura 2. Ciclo de vida general de *Colletotrichum* sp. **Fuente:** Modificado de De Silva et al. 2017:158

### 2.3 Proceso poscosecha en papaya

El proceso poscosecha incluye las prácticas que abarcan desde el inicio de cosecha en campo cuidando aspectos clave como la forma de la cosecha, selección de las frutas, su transporte, y empaque (Bogantes et al. 2011).

Por otra parte, con el fin de reducir las pérdidas, se han estudiado e implementado métodos como el uso de atmósfera controlada, control de la temperatura de almacenamiento (12-14 °C), tratamientos con temperatura y humedad relativa alta antes de empaque, uso de agua caliente, soluciones de ceras y fungicidas (Bogantes et al. 2011, Lal et al. 2015) los cuales influyen sobre procesos fisiológicos o los patógenos. Para el combate de las lesiones latentes

de *Colletotrichum* que provienen de campo se ha implementado el tratamiento con fungicida (procloraz) en poscosecha (Guzman 1998, Bogantes et al. 2011).

## **2.4 Alternativas para el combate de patógenos poscosecha**

El uso constante de tratamientos químicos ha llevado a buscar métodos alternativos para lograr su reducción o sustitución y que ofrezcan un menor peligro a la selección de patógenos resistentes (Henriod et al. 2016). Por otra parte la necesidad de reducir la aplicación de productos altamente tóxicos para los consumidores ha incrementado el interés por la implementación de diferentes tratamientos alternativos (Chávez-Sánchez et al. 2013). Dentro de estos tratamientos se encuentran los que combaten de forma física al patógeno como luz ultravioleta e inmersión en agua caliente (Bokshi et al. 2006 y Romanazzi et al. 2016).

### **2.4.1 Inmersión en agua caliente**

El tratamiento de inmersión en agua caliente se ha implementado a nivel poscosecha para el combate de plagas y enfermedades, además produce efectos benéficos sobre la fruta como la disminución de daño por frío y mantiene las cualidades de la fruta durante el tiempo de almacenamiento (Lurie y Pedreschi 2014, Silva y Bassay 2014).

La inmersión en agua caliente según Silva y Bassay (2014) se ha utilizado como tratamiento poscosecha desde 1964 y su principio en el control de patógenos fúngicos radica en que las esporas e hifas del hongo se encuentran en las primeras capas del fruto donde tiene efecto el aumento de temperatura del agua provocando la muerte del hongo (Chávez-Sánchez et al. 2013). Por otra parte se han realizado investigaciones donde se detalla la respuesta fenológica y bioquímica de la fruta al exponerla al tratamiento térmico que incluyen efectos en proteínas, especies de ARN, estructuras del citoesqueleto, alteración de reacciones enzimáticas, entre otros (Lurie y Pedreschi 2014).

Con respecto a resultados encontrados por distintos autores utilizando este método en papaya, Li et al. (2013) determinaron una reducción en la incidencia de antracnosis y severidad del patógeno en la cáscara de frutos de papaya del cv. “Sunrise” al utilizar inmersión en agua caliente a una temperatura de 54 °C durante 4 min. Silva y Bassay (2014) observaron una reducción en las pérdidas poscosecha por antracnosis utilizando 46°C por 20-30 min y 48-50 °C por 20 min en papaya cv. “Sunrise Solo” e híbrido “Tainung 1”.

Zamora (2012) encontró una reducción en la incidencia y severidad de la antracnosis sumergiendo papayas del híbrido Pococí por un periodo de 10 y 20 minutos en agua caliente a 49°C. En mango el uso del tratamiento térmico redujo la intensidad de antracnosis en un 3% (Gutierrez et al.2004), en cítricos redujo el desarrollo de hongos (Lurie y Pedreschi 2014). En la literatura se menciona además el uso de la inmersión en agua caliente en combinación con aplicaciones de productos químicos a nivel poscosecha en diferentes cultivos tales como mango, manzana, plátano, melocotón, nectarina y maracuyá (Gutiérrez et al. 2004 y Silva y Bassay 2014).

### **2.4.2 Sustancias alternativas**

Las sustancias alternativas a nivel poscosecha se mencionan de manera amplia para el combate de patógenos como una opción para reducir del uso de fungicidas (Wilson et al. 1991, Hewajulige et al. 2009).

A nivel mundial en esta búsqueda de estrategias alternativas al uso de productos químicos se ha optado por el uso de sustancias GRAS (Generally recognized as safe) reconocidas por la Food and Drug Administration (FDA) de los Estados Unidos para su consumo por humanos, en donde están incluidas sustancias como sales, ácidos orgánicos, películas comestibles, quitosano, peróxido de hidrógeno, inductores de resistencia, sorbitol, ácido salicílico, aceites esenciales, entre otros (Hewajulige et al. 2009, Pavlath y Orts, 2009, Kitemann et al. 2010, Romanazzi et al. 2011, Umaña-Rojas, 2011, Potton y Cullum, 2012, Youssef et al. 2012, Chirawut y Chinaphuti, 2013, Lee, 2015, Supapvanich y Promyou 2017, Jiang et al. 2018 y Palou et al. 2018).

Para esta investigación se seleccionaron las sustancias: quitosano, ceras, cloruro de calcio (sal) y extracto de tomillo por lo que se amplió en la búsqueda bibliográfica la información que hay sobre estas.

#### **2.4.2.1 Quitosano**

El quitosano es una de las sustancias mencionadas a nivel poscosecha para mantener la calidad de los productos perecederos (Bautista-Baños et al. 2017), fue descubierto en 1859 por el fisiólogo francés Charles Robert (Rouget 1859 citado por Jiang y James 2014). Es un producto natural extraído de la quitina presente en el exoesqueleto de los crustáceos y las

paredes celulares de los hongos donde brinda fortaleza a los componentes estructurales (Jiang y James 2014 y Sharma et al. 2016). La estructura molecular consiste en unidades repetitivas de  $\beta$ -(1-4)-2-acetamido-2- deoxy-d-glucopiranososa que por medio de la des-acetilación de los grupos amino se convierte en quitosano  $\beta$ -(1-4)-2-amino-2-deoxy-d-glucopiranososa (Jiang y James 2014), por su estructura química es un polisacárido similar a la celulosa (Zhang et al. 2011). La quitina se conocía desde los primeros años del siglo XIX, sin embargo no se estudió debido a su similitud a la celulosa, no fue sino hasta aproximadamente el año 1980 en donde se empezó a dársele mayor importancia debido sus propiedades antimicrobianas, funcionales, bio-compatibles y bio-degradables (Khor y Yong-Lim 2003) .

La actividad antimicrobiana del quitosano se puede dar por diferentes mecanismos entre los que están: la interacción electrostática por la naturaleza catiónica del quitosano con la membrana celular del microorganismo afectando su integridad y permeabilidad (Agnihotri et al. 2004, Palma-Guerrero et al. 2009 y Hosseinnejad y Jafari 2016). También modifica el medio en donde crecen los organismos por medio de la quelatación de nutrientes y metales esenciales por parte de la estructura del quitosano, lo que puede afectar el crecimiento del microorganismo, o por el daño al material celular afectando aspectos básicos en el crecimiento como la síntesis de proteínas y ARN, además al formar una cobertura provoca una barrera para el oxígeno, afectando el crecimiento de bacterias aeróbicas (Hosseinnejad y Jafari 2016 y Yuan et al. 2016).

Sumado a lo anterior, el quitosano forma un recubrimiento semipermeable sobre la fruta lo que reduce el consumo de  $O_2$  por parte de esta, disminuyendo la actividad metabólica y por consiguiente el proceso de maduración, afectando positivamente la vida poscosecha de la fruta, además puede tener un efecto en la inducción de defensas del hospedero (Hewajulige *et al.* 2009, Romanazzi et al. 2016)

Se han observado importantes resultados con el uso de productos a base de quitosano para el control de patógenos, A nivel in-vitro Rahman et al. (2008) encontraron que el uso de 0,75% y 1% de quitosano produjo una reducción de 52% y 82% respectivamente en el crecimiento radial de *C. gloeosporioides*, Hewajulige *et al.* (2009) utilizaron dosis de 0,1% a 3% de



quitosano y observaron inhibición de esporas de *C. gloesporoides* a partir del tratamiento de 1%.

A nivel de fruta, Henriod *et al.* (2016) obtuvieron con el quitosano una reducción sobre la antracnosis estadísticamente igual al uso del fungicida prochloraz (dosis 1,5%) en frutas de papaya var. 1B. Dotto *et al.* (2015) utilizaron soluciones con base en quitosano de 150 y 300 kDa (10 g/m<sup>2</sup>) obteniendo una disminución en las unidades formadoras de colonias (Log UFC/g) de bacterias mesofílicas, levaduras y mohos en un periodo de 10 días. Corrales y Umaña (2015) observaron una tendencia en la disminución de la incidencia y severidad de antracnosis al sumergir frutos de papaya del híbrido de Pococí en solución de quitosano al 1% en combinación de IAC 49°C 20 min.

En Chile y tomate el uso de FRESHSEAL® el cual funciona como una cobertura poscosecha basada en polímeros (quitosano) redujo el reblandecimiento y las pudriciones provocadas por patógenos aumentando su vida poscosecha (Dou et al. 2006, Ritenour et al. 2006).

#### **2.4.2.2 Ceras**

Dentro de los métodos usados para mejorar la vida poscosecha de productos perecederos, se encuentra las coberturas sintéticas o de origen natural como por ejemplo las que se formulan a partir de carnauba, cera de abejas, aceites vegetales y minerales, además pueden formularse con base a resina, ácidos grasos, entre otros (Park 2012). Estos recubrimientos crean una capa sobre la fruta que afecta procesos como la difusión de gases, además sirven como portadores de sustancias anti-microbianas, antioxidantes, agentes colorantes, entre otros (Gamagae et al. 2004, Valencia *et al.* 2011). El uso de ceras puede contrarrestar de manera importante procesos fisiológicas que promueven el deterioro de los productos perecederos como lo son la tasa respiratoria, maduración, producción de etileno, pérdida de peso, actividad enzimática y metabolismo (Castricini 2009, Almeida et al. 2011, Corrales y Umaña 2015 y Nascimento et al. 2018). Nascimento et al. (2018) observaron una disminución de la pérdida de peso y la firmeza de peras cv. Rocha, al aplicar una cobertura de carnauba y quitosano.

También están los recubrimientos comestibles que pueden ser formulados a base de esteres de sacarosa, pectinato de calcio, ascorbato de calcio, gluten de trigo, proteína de maíz, entre otros. Este tipo de recubrimientos regularmente se conoce como sustancias GRAS (sustancias

reconocidas como seguras), aprobadas por la FDA (Food and Drug Administration) de los Estados Unidos por lo que es seguro su uso en productos alimenticios, a excepción de algunos compuestos para cierto grupo de la población como los formulados con gluten (Pavlath y Orts 2009)

Los recubrimientos a base de propóleo (sustancia natural elaborada por abejas melíferas) han tenido efecto en el control de patógenos (Barrera *et al.* 2012). Henriod *et al.* (2016) utilizaron una cobertura a base de carnauba la cual redujo en un 10% la severidad de la antracnosis con respecto al testigo (sin tratamiento) en papaya var. 1B. Sin embargo Corrales y Umaña (2015) no encontraron efecto sobre problemas patológicos al aplicar tres tipos de cera posterior a la inmersión en agua caliente sobre papayas Híbrido Pococí. La cera de goma arábica en combinación de cloruro de calcio tuvo un efecto sinérgico ya que redujo hasta en un 20% la severidad de la antracnosis en frutos de mango cv. Choke Anan en comparación del uso de los tratamientos por separado (Khaliq *et al.* 2015).

#### **2.4.2.3 Cloruro de Calcio (CaCl<sub>2</sub>)**

Las sales de calcio se han utilizado en el control de patógenos como antracnosis y para mejorar la vida poscosecha en papaya. Rahman *et al.* (2008) observaron a nivel *in-vitro* una disminución de la germinación de esporas de *Colletotrichum* en un 26% cuando utilizaron CaCl<sub>2</sub> al 3 y 4% con respecto al testigo. Mahmud *et al.* (2008) determinaron que al aplicar cloruro de calcio (1,5% y 2%) se aumentó la vida en anaquel de frutos de papaya cv. Eksotika II, debido a una reducción en la incidencia de antracnosis y una mejora de las cualidades de la fruta.

Leyva *et al.* (2011) encontraron que al utilizar cloruro de calcio a dosis de 3% se aumentó la firmeza de frutos de papaya var. Maradol lo que favoreció a la extensión de la vida poscosecha de la fruta. Por otra parte Ayón-Reyna *et al.* (2017) utilizaron cloruro de calcio en combinación con tratamiento de inmersión en agua caliente (48°C durante 20 m) reduciendo la antracnosis en frutos de papaya var. Maradol en un tiempo de 12 días almacenada a 14°C. Saborio *et al.* (2000) no obtuvieron efecto favorable sobre el combate de antracnosis al implementar aplicaciones de cloruro de calcio en la precosecha y poscosecha en frutas de papaya variedad “criolla”.

Cuando el calcio es suministrado, se acumula en la pared celular y la lámina media, formando pectatos de calcio lo que brinda una mayor rigidez a la estructura celular, este efecto se ha asociado con una mayor resistencia ante ataques de patógenos debido al fortalecimiento de la pared celular así como por la unión que se forma entre las células (Johnson y Berrie s.f., Valero y Serrano 2010).

Por otra parte, se ha determinado que las sales de calcio pueden tener efectos a nivel fisiológico en la fruta como la reducción de la respiración, menor pérdida de peso, aumento en la firmeza del fruto lo que favorece a preservar su vida poscosecha y menor susceptibilidad a daños por patógenos (Mahmud et al. 2008, Valero y Serrano 2010, Leyva et al. 2011).

#### **2.4.2.4 Extractos y aceites esenciales**

Se ha estudiado el efecto de los compuestos con efecto antifúngico que producen algunas plantas en tejidos como hojas, flores o semillas, dentro de las que se destacan las familias Sapotaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Solanaceae (Bautista- Baños et al. 2003 y Bosquez-Molina et al. 2010). Se han obtenido resultados en la inhibición de *Colletotrichum gloeosporioides* y otros patógenos utilizando sustancias a base de tomillo en cultivos como tomate, cebolla, cítricos (Bosquez-Molina et al. 2010). Dentro de los principales componentes extraídos del aceite esencial de tomillo están el timol, carvacrol y  $\gamma$ -terpenino a los que se les atribuyen los efectos de este aceite esencial (Sarkhosh et al. 2018), sin embargo este puede presentar hasta más de 22 componentes (Bosquez-Molina et al. 2010).

El modo de acción de los extractos y aceites esenciales de plantas se debe a la afectación directa del patógeno, modificando su metabolismo, disminuyendo el crecimiento del micelio y germinación de esporas (Serrano et al. 2005). Sus componentes hidrofóbicos favorecen una separación de las capas lipídicas de la membrana celular del patógeno afectando su permeabilidad, lo que repercute en un cambio en el pH interno lo que induce cambios en su metabolismo y composición química provocando su colapso (Beckman 2000, Sivakumar y Bautista-Baños 2014 y Mari et al. 2016). Se menciona también la capacidad de los extractos de plantas en la inducción de resistencia en frutos ya que modifica directamente la actividad enzimática del fruto (Mosch et al. 1993). Sin embargo la actividad biológica de este tipo de

sustancias está relacionada directamente con su composición química y esta a su vez está determinada por factores como el genotipo de la planta, condiciones ambientales y agronómicas (Sivakumar y Bautista-Baños 2014)

En papaya var. Maradol, Bosquez-Molina et al. (2010) observaron una reducción en la incidencia de antracnosis y pudrición por *Rhizopus* al combinar un recubrimiento y aceite esencial de tomillo. En aguacate se utilizó vapor de aceite esencial de tomillo en combinación con el almacenamiento en atmosfera modificada (~8% CO<sub>2</sub>, 2% O<sub>2</sub>) y se encontró una disminución de la incidencia y severidad de antracnosis, así como mejora en parámetros como calidad sensorial, aumento de compuestos fenólicos totales, flavonoides y antioxidantes (Sellamuthu et al. 2013). Esta técnica de aplicación por medio de vapor también fue utilizada en frutos de melocotón y nectarinas lo que permitió una disminución de *Monilinia fructicola* (Santoro et al. 2018).

Se ha investigado una gran cantidad de extractos y aceites esenciales como extractos de anona, hojas y semillas de papaya, hojas de *Satureja khuzistanica* Jamzad (ajedrea de jardín), *Mentha piperita* Willd (menta), *Cinnamomum zeylanicum* Blume (canela), *Thymus daenensis* Celak. (tomillo), *Zataria multiflora* Boiss. (Zatarina), *Lavandula angustifolia* Mill. (lavanda), *Eucalyptus globulus* Labill. (eucalipto), *Myrtus communis* Linn. (mirto), *Melaleuca alternifolia* Cheel. (árbol de té), hojas y frutos de *Vaccinium* sp (arándanos), cáscaras de *Punica granatum* (granado), *Origanum vulgare* (oregano), *Syzygium aromaticum* (clavo de olor), *Cymbopogon* sp. (pasto limón) obteniendo efectos sobre diversos patógenos a nivel poscosecha de frutos percederos (Bautista-Bañós et al. 2003, Yang et al. 2014, Ali et al. 2015, Mohammadi et al. 2015, Acosta et al. 2016, Yuan et al. 2016, Sarkhosh et al. 2017 y Sarkhosh et al. 2018)

## **2.5. Manejo integrado**

Ya que no se logra una disminución satisfactoria de las pudriciones poscosecha con solo el uso de un tratamiento (Sui et al. 2016), varios autores han mencionado la importancia de realizar un manejo integrado poscosecha, utilizando ya sea más de una sustancia GRAS como el uso de diferentes aceites esenciales o la combinación de sustancias como películas comestibles y quitosano o aceites esenciales, sales, ácidos orgánicos o técnicas como la

inmersión en agua caliente, antagonistas, atmósfera modificada (Bokshi et al. 2006, Mari et al. 2016, Palou et al. 2014, Pavlath y Orts 2009, Sui et al. 2016).

Con la revisión de literatura, se ha determinado el combate que permiten métodos poscosecha como la inmersión en agua caliente, quitosano, cloruro de calcio, ceras y extractos de plantas, sobre patógenos a nivel poscosecha (por ejemplo: antracnosis). Sin embargo, este efecto no siempre es tan eficaz como un tratamiento químico con un fungicida, por lo que con el uso de dos o más de estos métodos se podría mejorar los resultados para lograr una disminución de pérdidas por enfermedades, lo que podría promover el uso de estos métodos para sustituir el tratamiento químico en una planta empacadora de papaya para el combate de antracnosis y aumento de la vida poscosecha.

### **3. Materiales y métodos**

A continuación, se muestra la metodología de manera general para los cuatro ensayos realizados, los detalles propios de cada ensayo serán definidos en el apartado 3.7 (descripción de los ensayos).

#### **3.1. Recolección de la fruta**

La fruta utilizada en los ensayos fue cosechada en fincas de productores en la zona de Guácimo, Limón. La selección de la fruta se realizó con base a las siguientes características: peso aproximado de 1 a 1,5 kg, porcentaje de color amarillo de aproximadamente 10% del área total de la fruta correspondiente al E1 de la escala de maduración (Salazar-Espinoza 2012), ausencia de daños mecánicos y daños por patógenos. Cada fruta se colocó en una funda de espuma de polietileno para protegerla de daños mecánicos y fueron colocadas en cajas de plástico para su transporte.

#### **3.2. Proceso en Laboratorio Tecnología Poscosecha (LTP)**

La fruta se transportó al LTP del Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) de la Universidad de Costa Rica en San Pedro de Montes de Oca, San José, lugar de ejecución de los ensayos.

Antes del proceso de lavado, se recortó el pedúnculo utilizando un cuchillo en las frutas que era necesario para homogenizar su longitud (0,5-1 cm). Posteriormente se lavaron en cajas de

plástico con aproximadamente 40 L de agua, se sumergió y restregó la superficie de la fruta con un paño de tela para quitar la suciedad y cualquier producto residual que se acarrearía de campo. Posteriormente al lavado, las frutas se colocaron en una mesa con papel kraft en su superficie para promover su secado.

Seguidamente al lavado se desinfectaron en cajas de plástico con un volumen aproximado de 30 L de agua clorada con 50 ppm de hipoclorito de sodio. En cada caja se colocaron 6-8 frutas y se mantuvieron sumergidas durante 1 minuto. Posteriormente se colocaron sobre una mesa con papel kraft para favorecer su secado y continuar con el proceso de inoculación.

### **3.3. Preparación de inóculo**

#### **3.3.1. Reproducción del patógeno**

Los aislamientos necesarios para la inoculación en los ensayos se tomaron de la colección de hongos del LTP. Como base se utilizaron aislamientos de *C. teobromicola*, *C. acutatum*, *C. fructicola*, *C. capsici*, *C. tropicale* y *C. magna* y se re-aislaron en placas Petri utilizando medio PDA (Papa-Dextrosa-Agar) para su multiplicación, los cuales fueron revisados periódicamente para asegurar su correcto crecimiento, su sanidad y verificación de presencia de conidios.

Las especies utilizadas en la inoculación de la fruta se escogieron con base a su distribución y frecuencia en las zonas productoras de papaya del país según Ruiz-Campos (2016), se seleccionó la especie *C. magna* ya que se presentó en tres zonas productoras de papaya (San Carlos, Parrita y Guácimo), la especie *C. capsici* en las zonas de Parrita y Guácimo y la especie *C. tropicale* en las zonas de Parrita y San Carlos.

#### **3.3.2. Preparación de suspensión madre de conidios del patógeno**

Respecto al conteo de conidios, se utilizó la metodología mencionada por French y Hebert (1982) para la preparación de una suspensión de conidios de concentración conocida. La suspensión madre a  $1 \times 10^6$  conidios /mL se logró tomando las placas Petri de las tres especies (*C. magna*, *C. capsici* y *C. tropicale*) necesarias para llegar a dicha concentración, por lo tanto, consistió en una mezcla de las tres especies.

### **3.3.3. Inoculación de la fruta**

Una vez terminado el proceso de desinfección las papayas se inocularon. El inóculo se aplicó en forma de aspersión utilizando un pulverizador con una suspensión de conidios de *Colletotrichum* spp. (*C. magna*, *C. tropicale* y *C. capsici*) a  $1 \times 10^6$  conidios /mL, se asperjó aproximadamente 1 mL de la suspensión de conidios en cada lado de la fruta.

Para promover la germinación de los conidios del patógeno en la fruta, se utilizó como cámara húmeda una caja de plástico con dimensiones de 30 cm x 34,5 cm x 54 cm y se colocó en su interior una bolsa transparente de 61 cm x 74 cm; en cada cámara húmeda se colocaron siete frutas inoculadas y dos bodeques de papel toalla humedecidos para promover una alta humedad relativa. Cada bolsa se selló con un nudo y se les dio un periodo de incubación de 18 horas a temperatura ambiente para la posterior aplicación de los tratamientos.

### **3.4. Inmersión en agua caliente (IAC)**

Al finalizar del período de incubación de 18 horas, se procedió a someter las frutas al tratamiento térmico. Se utilizó un tanque metálico acondicionado para este fin (anexo 1) con resistencias para el calentamiento del agua, un termómetro y una bomba para promover la circulación del agua. El tanque se llenó con aproximadamente con 600 L de agua y se llevó a una temperatura de 55,5 °C debido a que durante el proceso de inmersión esta se disminuye entre 1-1,5 °C, para que así al término del tiempo la temperatura permaneciera en 54 °C.

Para la inmersión de las frutas se utilizaron cajas plásticas con 8 frutas, sobre la cual se colocó otra caja en la parte superior con un ladrillo para evitar que durante la inmersión estas flotaran fuera de la caja. El tiempo de inmersión fue de cuatro minutos a una temperatura de 54°C, posterior a la aplicación de este tratamiento se colocaron en una mesa con papel Kraft para promover su secado.

Los tratamientos posteriores a IAC, se detallarán más adelante en la descripción de cada ensayo.

Luego de la aplicación de los tratamientos, se cubrió aproximadamente 2/3 de la superficie de cada fruta con papel periódico blanco y se colocaron seis frutas por caja. Las cajas se distribuyeron al azar en una tarima y se procedió a su almacenamiento en una cámara de

aproximadamente 37 m<sup>3</sup> durante 15 días a 14 °C y posteriormente 7 días a 22°C (las excepciones en este apartado se detallarán en la descripción de cada ensayo).

### **3.5. Evaluaciones**

Se realizaron tres evaluaciones durante cada ensayo, estas correspondieron a: evaluación de calidad inicial (CI), evaluación salida de cámara (SC) la cual coincide con el final de los 15 días a 14 °C simulando condiciones y tiempo de exportación a Europa y la evaluación de entre 7-10 días después de la salida de cámara (7-10 ddsc), en esta se evalúa la condición que tendría la fruta en anaquel. Se añadió una evaluación a los 8 días después del ingreso de la fruta a la cámara (almacenamiento a 14°C) para medir la respiración.

En la evaluación de calidad inicial, debido a que las variables de calidad son de tipo destructivo se utilizaron 10 frutas extra a las destinadas para los tratamientos para este fin.

En la evaluación de salida de cámara, cada caja la cual representó una repetición, contenía seis frutas, se les evaluó las variables de enfermedades y de estas seis frutas se tomaron tres para las variables de calidad, por lo que a partir de esta evaluación cada caja quedó con 3 frutas, las cuales se almacenaron para la siguiente evaluación.

En la evaluación de 7-10 después de salida de cámara se evaluaron las 3 frutas restantes en cada caja (repetición) a las cuales se les determinó las variables de enfermedades y las variables de calidad.

Respecto a los ensayos en los cuales se midió la variable respiración, se utilizó una caja (repetición) con 5 frutas extra a las repeticiones de cada tratamiento y se utilizó exclusivamente para esta variable.

### **3.6. Variables evaluadas en los ensayos**

#### **3.6.1. Enfermedades**

Se evaluó incidencia y severidad de moho en pedúnculo (IMP y SMP respectivamente), incidencia y severidad de pudrición peduncular (IPP y SPP respectivamente) e incidencia y severidad de antracnosis (IA y SA respectivamente). Para el cálculo de la incidencia se contó el número de frutos afectados con respecto al total de frutos y con esto se obtuvo el



porcentaje de frutos enfermos y para la severidad se estimó el porcentaje de tejido afectado por la enfermedad.

Con respecto a antracnosis, para la evaluación de la severidad se utilizó como guía la escala para la evaluación visual de severidad de enfermedades fungosas en papaya publicada por Navarro y Arauz (1999) (ver anexo 2).

### **3.6.2. Firmeza**

Utilizando un penetrómetro Chatillon modelo DPP-100 con una punta en forma de diente se obtuvo la firmeza externa de la fruta realizando tres mediciones en el ecuador de la fruta sobre la cáscara. Posteriormente utilizando un pelador de frutas se realizaron tres cortes en la zona ecuatorial de manera superficial retirando la cáscara y en dichos cortes se midió la firmeza interna. Las unidades de la firmeza de la fruta se expresaron en Newtons (N).

### **3.6.3. Color**

Como una forma cuantitativa de medir el color se utilizó un colorímetro iWave WR-10 tomando tres mediciones distintas en el ecuador de la fruta, excluyendo zonas con lesiones por patógenos. El colorímetro utilizó el espacio de color L\*a\*b\*(CIELAB), obteniendo la luminosidad (L\*), el cambio de verde a rojo (a\*) y el cambio de azul a amarillo (b\*). Con base a los datos a\* y b\* se calculó el ángulo hue y la cromaticidad (C\*) utilizando las siguientes fórmulas:

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

(Fórmula 1) **Fuente:** Tomado de Konica Minolta 2007:20

$$\text{Ángulo Hue: } \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

(Fórmula 2) **Fuente:** Tomado de Konica Minolta 2007:20

### **3.6.4. Porcentaje de color amarillo**

Se utilizó la escala de maduración para el híbrido de Pococí de Salazar-Espinoza (2012) (anexo 3), como guía para estimar el porcentaje de color amarillo en la cáscara para cada fruta.

### **3.6.5. Brix**

Esta variable se realizó en la evaluación de calidad inicial, salida de cámara y 7-10 después de salida de cámara, se utilizó un refractómetro Hanna modelo HI 96801 para determinar los grados brix de la fruta. Se tomó una muestra de la pulpa de la parte ecuatorial de la fruta (sin cáscara), se colocó en una bolsa en donde se maceró y se homogenizó, se colocó parte del jugo obtenido en el refractómetro y se hizo la medición. Cuando la fruta no presentaba las condiciones para su maceración, principalmente en estados iniciales por su dureza y reducida maduración, se utilizó un extractor de jugos para frutas, colocando la muestra de la zona ecuatorial (sin cáscara) para así obtener la máxima cantidad de jugo y realizar la medición.

### **3.6.6. Pérdida de peso**

Se tomaron dos frutas de cada repetición posterior a la aplicación de los tratamientos y se rotularon para su seguimiento en el tiempo. Las frutas seleccionadas se pesaron posterior a la aplicación de los tratamientos, a la salida de cámara y a los 8-10 después de la salida de cámara, para obtener así el comportamiento de esta variable durante el transcurso del ensayo. Para la determinación del porcentaje de pérdida de peso se utilizó la fórmula 3.

$$\frac{(\text{Peso inicial} - \text{peso evaluación}) * 100}{\text{Peso inicial}} \quad (\text{Fórmula 3})$$

Donde:

Peso evaluación: corresponde al peso tomado en cada evaluación

Peso inicial: corresponde al peso de la fruta posterior a la aplicación de los tratamientos

### **3.6.7. Tasa respiratoria**

Para cada tratamiento se utilizaron seis frutas para evaluar esta variable. Se utilizó un analizador de gases Bridge MAP Analyzer para la determinación de la concentración de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>. Cada fruta se colocó en el interior de un recipiente plástico de aproximadamente 10 L de volumen, el cual se selló con su respectiva tapa y cinta para ductos. Las papayas se dejaron reposar durante 2 horas, una vez transcurrido este tiempo se procedió a realizar la medición con analizador de gases obteniendo la concentración de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> dentro del recipiente.

La tasa respiratoria se calculó con la fórmula 4, tomada de Umaña et al. (2011):

Tasa respiratoria= mL CO<sub>2</sub>/kg-h (Fórmula 4) =

$$\frac{(\%CO_2) \times (V_r - P_1)}{100 \times \left(\frac{P_1}{1000}\right) \times T}$$

Donde:

% CO<sub>2</sub>= Porcentaje de CO<sub>2</sub> producido por la papaya durante 2 horas.

V<sub>r</sub>= Volumen del recipiente en mL

P<sub>1</sub>= Peso de la fruta en g.

T= Tiempo de reposo de la muestra (h)

### **3.7. Descripción de los ensayos**

#### **3.7.1. Ensayo 1: Selección del tiempo y temperatura de inmersión**

La fruta utilizada para esta etapa fue cosechada en el mes de marzo, por lo que su tiempo de desarrollo en campo fue de octubre a marzo aproximadamente, cuyas condiciones de clima se presentan en el anexo 19.

Se probaron dos tiempos y dos temperaturas de inmersión en agua caliente: 50°C durante 10 minutos y 54°C durante 4 minutos con base en la literatura (Li et al. 2013) y resultados de ensayos realizados en el LTP. Además, se incluyó un tratamiento químico y un testigo inoculado a los cuales no se les aplicó IAC.

Se utilizó un diseño irrestricto al azar con 8 repeticiones por tratamiento, cada repetición contenía seis frutas para un total de 48 frutas por tratamiento.

Se evaluaron 10 frutas para la evaluación de calidad inicial a las cuales se les evaluó las variables firmeza externa e interna, color, porcentaje de color amarillo y grados brix, estas frutas no pertenecían a las frutas utilizadas en los tratamientos.

En este ensayo para las variables de enfermedades se decidió evaluar únicamente 3 frutas de las 6 que constituían cada repetición, para evitar una manipulación excesiva de las frutas debido a que éstas presentaban un estado avanzado de enfermedades ya que el almacenamiento a 14°C se extendió 11 días adicionales (26 días después de entrada a

cámara) ya que a los 15 días después de entrada a cámara coincidió en semana santa. Debido a lo anterior, en la siguiente evaluación se realizó a los 4 después de salida de cámara evaluando 3 frutas por repetición, ya que en la evaluación de salida de cámara tres frutas se utilizaron para las variables de calidad (destructivas).

Respecto a las variables de calidad: porcentaje de color amarillo, color con colorímetro, firmeza externa e interna y grados brix se evaluaron tres frutas de las seis que constituían cada repetición a la salida de cámara y se dejaron tres frutas para ser evaluadas 4 días después de salida de cámara. En este ensayo no se incluyeron las variables de pérdida de peso y tasa respiratoria.

#### **4.2. Ensayo 2: Inmersión en agua caliente en combinación con ceras**

La fruta utilizada en esta etapa fue cosechada en el mes de mayo por lo que su tiempo de desarrollo en campo fue de diciembre a mayo aproximadamente, cuyas condiciones de clima se presentan en el anexo 19.

Para este ensayo se escogió el mejor tratamiento según los resultados del ensayo 1, el cual resultó ser el de 54°C x 4 min, el cual fue complementado con la aplicación de diferentes ceras y dosis de estas según se observa en el cuadro 1.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos utilizados en el ensayo 1 en frutas de papaya híbrido Pococí.

Tratamiento	Descripción de los tratamientos	pH en solución
1	IAC+Cera 1 al 6%	3,15
2	IAC+Cera 1 al 8%	3,05
3	IAC+Cera 2 al 15%	2,44
4	IAC+Cera 2 al 20%	2,2
5	IAC+Cera 3 al 15%	7,08
6	IAC+Cera 3 al 20%	7,06
7	IAC	Agua 7,36

*IAC: Inmersión en agua caliente 54°C x 4 min*

La dosis mayor utilizada fue la dosis mayor del rango de recomendación en la etiqueta del producto y el promedio del rango como la dosis menor. La descripción de las ceras estudiadas se encuentra en el anexo 4.

Se utilizó un diseño irrestricto al azar con cinco repeticiones o cajas por tratamiento, cada repetición contenía seis frutas, para un total de 30 frutas por tratamiento.

Se evaluaron 10 frutas para la evaluación de calidad inicial a las cuales se les evaluó las variables firmeza externa e interna, color, porcentaje de color amarillo y grados brix, estas frutas no pertenecían a las frutas utilizadas en los tratamientos.

Para las variables de enfermedades se evaluaron las seis frutas por repetición a la salida de cámara y se dejaron tres frutas por repetición para la evaluación de los 10 días después de la salida de cámara, ya que a la salida de cámara tres frutas se utilizaron para las variables de calidad (destructivas).

Respecto a las variables de calidad: porcentaje de color amarillo, color con colorímetro, firmeza externa e interna y grados brix se evaluaron tres frutas de las seis que constituían cada repetición a la salida de cámara y se dejaron tres frutas para ser evaluadas 10 días después de salida de cámara.

En el caso de la pérdida de peso se evaluaron dos frutas por repetición de cada tratamiento, las cuales se identificaron posterior a la aplicación de los tratamientos para su trazabilidad en el tiempo. Estas dos frutas por repetición eran parte de las 6 frutas por repetición, por lo tanto, no se escogieron para las variables de calidad (destructivas) en la evaluación salida de cámara. En la evaluación de 10 días después de salida de cámara debido a que solamente quedaban tres frutas por repetición, se les determinó el peso para posteriormente evaluarles las variables de calidad.

Para la variable de tasa respiratoria se evaluaron cinco frutas por tratamiento, las cuales estaban en una caja aparte y exclusivamente para esta evaluación.

### **4.3. Ensayo 3: Inmersión en agua caliente en combinación con sustancias alternativas**

La fruta utilizada en esta etapa fue cosechada en el mes de octubre, por lo que su tiempo de desarrollo en campo fue de mayo a octubre aproximadamente, cuyas condiciones de clima se presentan en el anexo 19.

Luego de la inmersión en agua caliente (54°C x 4 min), se aplicaron los tratamientos (cuadro 2) con base en quitosano, cloruro de calcio y extracto de tomillo, sumergiendo la fruta durante 1 minuto.

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos utilizados en el ensayo 3 en frutas de papaya híbrido Pococí.

Tratamiento	Descripción de los tratamientos	pH en solución
1	IAC <sup>1</sup> +Quit <sup>2</sup> al 1%	4,69
2	IAC <sup>1</sup> +CaCl <sub>2</sub> <sup>3</sup> al 2,5%	7,8
3	IAC <sup>1</sup> +Extracto de tomillo al 1%	6,65
4	IAC <sup>1</sup>	Agua 7,36

*1: Inmersión en agua caliente 54°C x 4 min, 2: Quitosano, 3: CaCl<sub>2</sub>: Cloruro de calcio. La descripción de las sustancias alternativas se encuentra en el anexo 5.*

Se utilizó un diseño irrestricto al azar con nueve repeticiones o cajas por tratamiento, cada repetición contenía seis frutas, para un total de 54 frutas por tratamiento.

Se evaluaron 10 frutas para la evaluación de calidad inicial considerándose las variables firmeza externa e interna, color, porcentaje de color amarillo y grados brix, estas frutas no pertenecían a las frutas utilizadas en los tratamientos.

Para las variables de enfermedades se evaluaron las seis frutas por repetición a la salida de cámara y se dejaron tres frutas por repetición para la evaluación de los 10 días después de la salida de cámara, ya que a la salida de cámara tres frutas se utilizaron para las variables de calidad (destructivas).

Respecto a las variables de calidad: porcentaje de color amarillo, color con colorímetro, firmeza externa e interna y grados brix se evaluaron tres frutas de las seis que constituían cada repetición a la salida de cámara y se dejaron tres frutas para ser evaluadas 10 días después de salida de cámara.

En el caso de la pérdida de peso se evaluaron dos frutas por repetición de cada tratamiento, las cuales se identificaron posterior a la aplicación de los tratamientos para su trazabilidad en el tiempo. Estas dos frutas por repetición eran parte de las 6 frutas por repetición, por lo

tanto, no se escogieron para las variables de calidad (destruictivas) en la evaluación salida de cámara. En la evaluación de 10 días después de salida de cámara debido a que solamente quedaban tres frutas por repetición, se les determinó el peso para posteriormente evaluarles las variables de calidad.

Para la variable de tasa respiratoria se evaluaron cinco frutas por tratamiento, las cuales estaban en una caja aparte a las nueve repeticiones y exclusivamente para esta evaluación.

#### **4.4. Ensayo 4. Inmersión en agua caliente en combinación con los mejores tratamientos**

La fruta utilizada en esta etapa fue cosechada en el mes de noviembre por lo que su tiempo de desarrollo en campo fue de junio a noviembre aproximadamente, cuyas condiciones de clima se presentan en el anexo 19.

Con base en los resultados del ensayo 2 y ensayo 3 se escogieron los tratamientos a utilizar los cuales se detallan en el cuadro 3. En este ensayo hubo un cambio metodológico para la aplicación de los tratamientos. En el ensayo 2 y ensayo 3 los tratamientos se realizaron por inmersión, para este ensayo se llegó a la conclusión de que lo mejor era aplicar los tratamientos por aspersión cubriendo la superficie de las frutas con la combinación de la cera y el quitosano, buscando homogeneidad en su aplicación, ya que si se realizaba por inmersión el sumergir inicialmente en la solución con quitosano y posteriormente sumergir en la solución de cera, podría darse un efecto de lavado o dilución del primer tratamiento. El tratamiento comercial consistió en la inmersión de la papaya en el fungicida procloraz en una concentración de 500 mg/L.

Cuadro 3. Descripción de los tratamientos utilizados en el ensayo 4 en frutas de papaya híbrido Pococí.

Tratamiento	Descripción de los tratamiento	pH sustancia
1	IAC+Cera 1 8%	3,15
2	IAC + Quitosano al 1%	4,69
3	IAC + Quitosano al 1% + Cera 1 8%	3,55
4	Tratamiento comercial (fungicida procloraz)	7,69

*IAC: Inmersión en agua caliente 54°C x 4 min*

Se utilizó un diseño irrestricto al azar con nueve repeticiones por tratamiento con seis frutas por repetición (caja) para un total de 54 frutas por tratamiento.

Se evaluaron 10 frutas para la evaluación de calidad inicial con las variables firmeza externa e interna, color, porcentaje de color amarillo y grados brix, estas frutas no pertenecían a las frutas utilizadas en los tratamientos.

Para las variables de enfermedades se evaluaron las seis frutas por repetición a la salida de cámara y se dejaron tres frutas por repetición para la evaluación de los 10 días después de la salida de cámara, ya que a la salida de cámara tres frutas se utilizaron para las variables de calidad (destructivas).

Respecto a las variables de calidad: porcentaje de color amarillo, color con colorímetro, firmeza externa e interna y grados brix se evaluaron tres frutas de las seis que constituían cada repetición a la salida de cámara y se dejaron tres frutas para ser evaluadas 10 días después de salida de cámara.

En el caso de la pérdida de peso se evaluaron dos frutas por repetición de cada tratamiento, las cuales se identificaron posterior a la aplicación de los tratamientos para su trazabilidad en el tiempo. Estas dos frutas por repetición eran parte de las 6 frutas por repetición, por lo tanto, no se escogieron para las variables de calidad (destructivas) en la evaluación salida de cámara. En la evaluación de 10 días después de salida de cámara debido a que solamente quedaban tres frutas por repetición, se les determinó el peso para posteriormente evaluarles las variables de calidad.

Para la variable de tasa respiratoria se evaluaron cinco frutas por tratamiento, las cuales estaban en una caja aparte a las nueve repeticiones y exclusivamente para esta evaluación.

#### **4.4. Análisis estadístico**

Se utilizaron las pruebas de los supuestos básicos (normalidad y homogeneidad de varianzas) para definir si se continuaba con un análisis de la varianza o prueba de DGC o análisis de Kruskal Wallis (en caso de no aprobar los supuestos básicos).



## 5. Resultados

### 5.1. Ensayo 1: selección del tiempo y temperatura de inmersión.

En el cuadro 4 se muestra el resumen del análisis de variables evaluadas en este ensayo e indica si se presentaron diferencias significativas entre tratamientos (análisis estadístico, anexo 6). Para el caso de las variables que no presentaron diferencias significativas en una o ambas evaluaciones, los resultados se encuentran en el apartado de anexos. Las variables que presentaron diferencias se comentan a continuación.

Cuadro 4. Resumen de las diferencias significativas estadísticas entre tratamientos para las variables evaluadas para el ensayo 1 en papaya híbrido Pococí durante las evaluaciones de salida de cámara y 4 días después de salida de cámara.

Variables fitosanitarias	Diferencias significativas	
	Salida de cámara	4 ddsc
Incidencia moho pedúnculo	*	*
Severidad moho pedúnculo	*	*
Incidencia pudrición peduncular	*	*
Severidad pudrición peduncular	*	*
Incidencia antracnosis	*	*
Severidad antracnosis	*	*
Variables de calidad		
Grados Brix	NS	NS
Color escala	*	NS
Color (L*, a*, b*, °Hue, C*)	L*, b*, C*: * °Hue y a*: NS	L*, b*, C*: * °Hue y a*: NS
Firmeza	*	NS
Pérdida de peso	*	NS

\*: Con diferencias significativas NS: Sin Diferencias significativas

#### 5.1.1. Variables fitosanitarias

En las figuras 3 y 4 se presenta el comportamiento de la incidencia y severidad de la variable moho en pedúnculo en donde la papaya con los tratamientos 54°C x 4 min y el tratamiento comercial tuvieron una menor incidencia, sin embargo, no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos (figura 3). Con respecto a su severidad, se obtuvieron diferencias significativas de los tratamientos con agua caliente y testigo comercial respecto al

testigo inoculado (figura 4). Es importante mencionar para esta enfermedad, se debe realizar investigaciones posteriores para determinar si el agente causal se asocia principalmente a antracnosis o están involucrados otros patógenos que pueden provenir de campo.

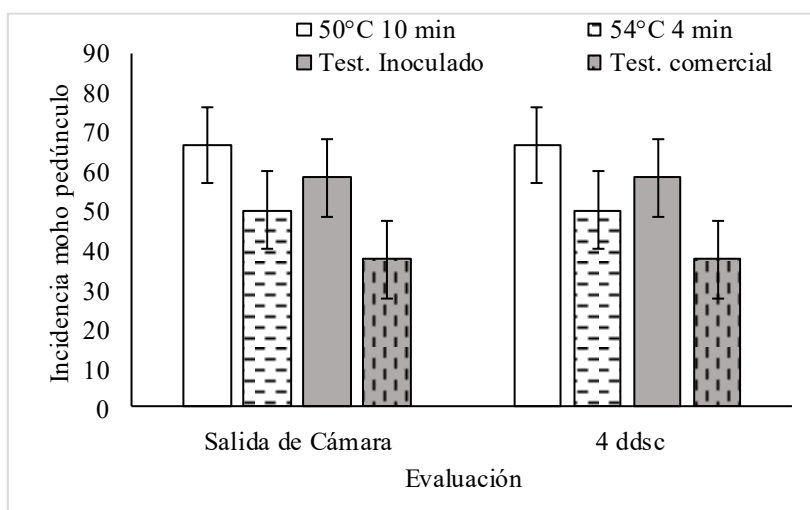


Figura 3. Incidencia de moho en pedúnculo en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones correspondientes a salida de cámara y 4 días después de la salida de cámara (4 ddsc) en los tratamientos aplicados. *Barras corresponden a error estándar.*

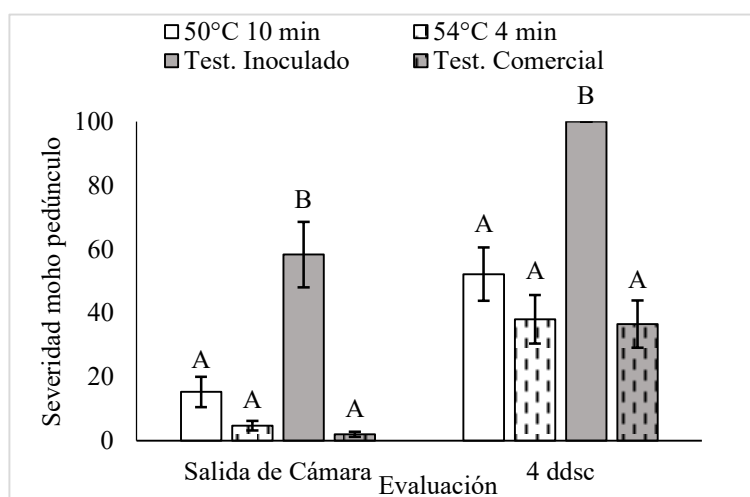


Figura 4. Severidad de moho en pedúnculo en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones correspondientes a salida de cámara y 4 días después de la salida de cámara (4 ddsc) en los tratamientos aplicados. *Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) según prueba DGC. Barras corresponden a error estándar.*

En las figuras 5 y 6 se observa el comportamiento de la variable pudrición peduncular en las evaluaciones realizadas. Se resalta la reducida incidencia presentada en la fruta con los tratamientos 54°C 4 min (0%) y testigo comercial (10%) a la salida de cámara (figura 5), a pesar de que el testigo inoculado presentó una incidencia del 100%, sin embargo, en la evaluación a los 4 ddsc, solo hay diferencias entre los tratamientos y el testigo inoculado. Este mismo comportamiento se observó en la severidad de la pudrición peduncular, en donde al inicio se encontró una separación de los tratamientos 54°C 4 min y el testigo comercial en la salida de cámara, posteriormente en la segunda evaluación no se presentan diferencias significativas entre los tratamientos térmicos y el químico (figura 6).

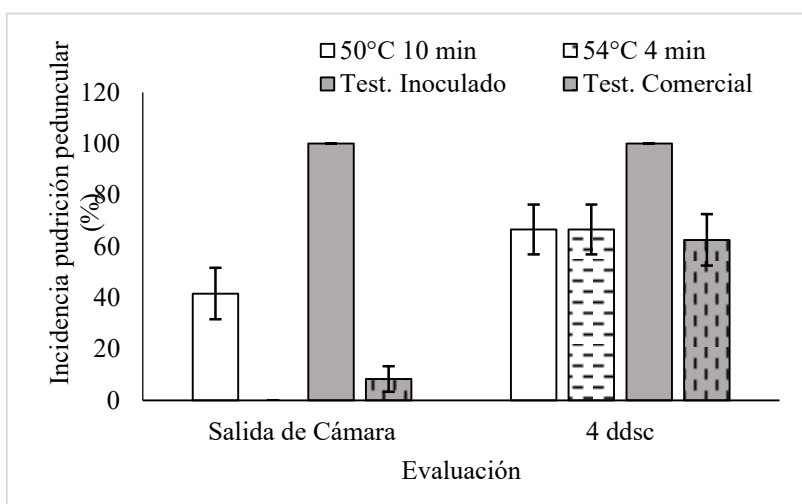


Figura 5. Incidencia de pudrición peduncular en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones correspondientes a salida de cámara y 4 días después de la salida de cámara (4 ddsc) en los tratamientos aplicados. *Barras corresponden a error estándar.*

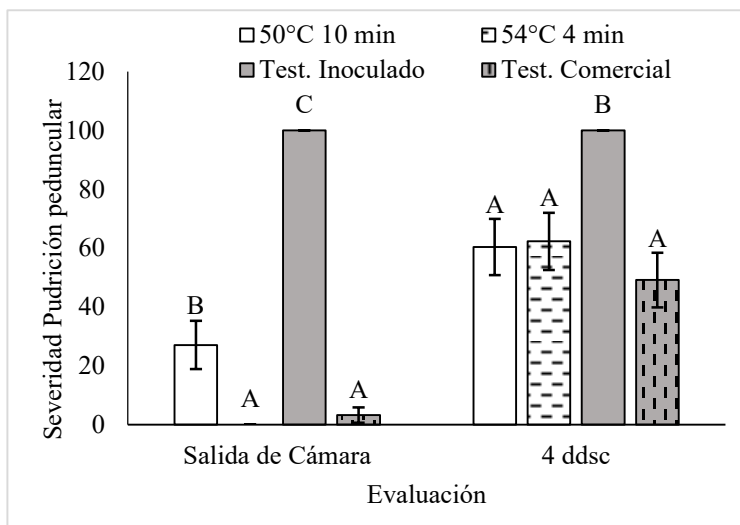


Figura 6. Severidad de pudrición peduncular en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones correspondientes a salida de cámara y 4 días después de la salida de cámara (4 ddsc) en los tratamientos aplicados. *Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes ( $p>0,05$ ) según prueba DGC. Barras corresponden a error estándar.*

Para la variable antracnosis, se observó una menor incidencia en la papaya con tratamiento comercial a la salida de cámara, sin embargo, no se encontró diferencias significativas entre este y los tratamientos con agua caliente (figura 7). Para el parámetro severidad de antracnosis se presentaron únicamente diferencias significativas de los tratamientos aplicados con respecto al testigo inoculado, tanto a la salida de cámara como a 4 ddsc.

La eficacia de los tratamientos respecto al testigo inoculado se muestra en el cuadro 5. El tratamiento 54°C 4 min presentó una mayor eficacia (respecto al testigo inoculado) comparado al tratamiento comercial a la salida de cámara en las variables IPP y SPP obteniendo un 100% (ambas variables) de efectividad respecto a un 91,7% y 96,7 del tratamiento comercial. A los 4 ddsc en la variable antracnosis (incidencia y severidad) los tratamientos 54°C 4 min y 50°C 10 min obtuvieron 41,7% de eficacia en incidencia y un 82% y 84,4 de eficacia en severidad a diferencia de un 29,2% y 77,1% de eficacia en incidencia y severidad del tratamiento comercial. Respecto a la eficacia de los tratamientos con IAC respecto al tratamiento comercial se obtuvo una eficacia positiva a la salida de cámara por parte del tratamiento 54 °C 4 min en las variables IPP y SPP y a los 4 ddsc en las variables

IA y SA obteniendo un 17,6% de eficacia en incidencia y un 21,6% (54°C 4 min) y de 32% (50°C 10 min) de eficacia en severidad con base al tratamiento comercial.

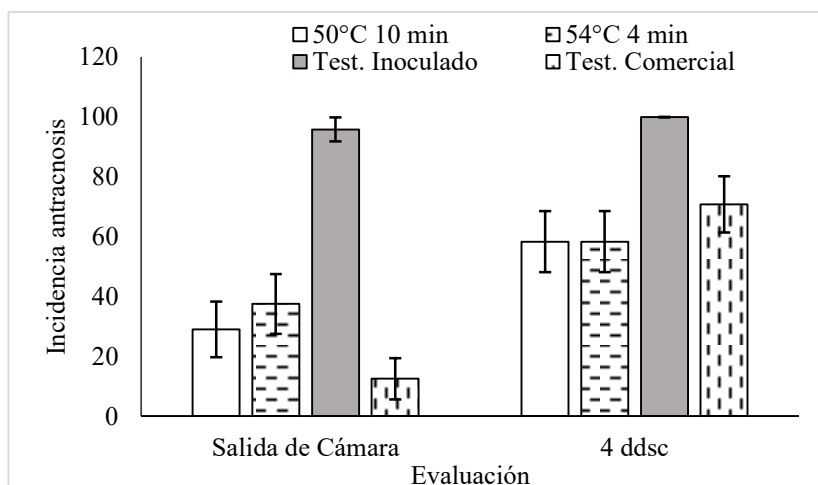


Figura 7. Incidencia de antracnosis en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones correspondientes a salida de cámara y 4 días después de la salida de cámara (4 ddsc) en los tratamientos aplicados. *Barras corresponden a error estándar.*

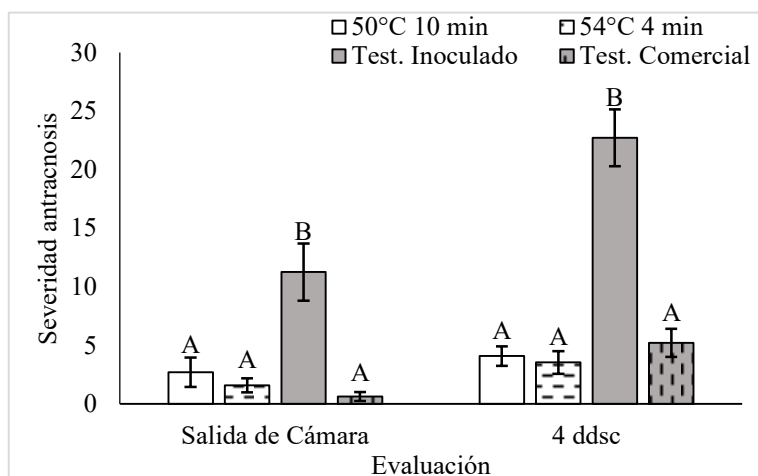


Figura 8. Severidad de antracnosis en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones correspondientes a salida de cámara y 4 días después de la salida de cámara (4 ddsc) en los tratamientos aplicados. *Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) según prueba DGC. Barras corresponden a error estándar.*

Cuadro 5. Porcentajes de eficacia respecto al testigo inoculado y respecto al tratamiento comercial en frutas de papaya Híbrido Pococí, durante las evaluaciones: salida de cámara y 4 días después de salida de cámara en los tratamientos aplicados.

Tratamiento	Salida de cámara						4 días después de salida de cámara					
	IMP	SMP	IPP	SPP	IA	SA	IMP	SMP	IPP	SPP	IA	SA
50°C 10 min	-14,3	73,8	58,3	72,9	69,6	75,9	-14,3	47,8	33,3	39,6	41,7	82,0
54°C 4 min	14,3	91,9	100,0	100,0	60,9	85,9	14,3	62,0	33,3	37,7	41,7	84,4
Tratamiento comercial	35,7	96,6	91,7	96,7	87,0	94,4	35,7	63,5	37,5	50,8	29,2	77,1
Porcentaje de eficacia de los tratamientos con inmersión en agua caliente respecto al tratamiento comercial												
50°C 10 min	-77,8	-664,6	-400,0	-712,5	-133,3	-333,3	-77,8	-42,9	-6,7	-22,9	17,6	21,6
54°C 4 min	-33,3	-135,4	100,0	100,0	-200,0	-153,3	-33,3	-4,1	-6,7	-26,7	17,6	32,0

IMP: Incidencia moho en pedúnculo. SMP: Severidad moho en pedúnculo. IPP: Incidencia pudrición peduncular. SPP: Severidad pudrición peduncular. IA: Incidencia de antracnosis. SA: Severidad de antracnosis

### 5.1.2. Variables de calidad

El porcentaje de color amarillo inicial de las frutas fue de 10% por lo que se encuentra en estado 1 de maduración según la escala de maduración de la papaya híbrido Pococí realizada por Salazar-Espinoza (2012) y su color externo utilizando el colorímetro fue de  $L^*= 41,49$ ,  $a^*= -5,67$ ,  $b^*= 37,06$ ,  $C^*= 37,52$  y  $^{\circ}\text{hue}= 98,94$ . La firmeza externa e interna inicial correspondió a 93 N y 81 N respectivamente, estos valores de firmeza estuvieron 8 N y 11N por encima del rango para la firmeza externa e interna establecidos en la escala de maduración de la papaya híbrido Pococí (Salazar- Espinoza 2012).

Con respecto a la variable firmeza externa (figura 9), los tratamientos térmicos (ambas temperaturas) y el comercial se separaron estadísticamente con respecto al testigo inoculado, por lo que estos tratamientos mantuvieron la fruta con mayor firmeza hasta la primer evaluación (salida de cámara), sin embargo el efecto de estos tratamientos sobre la conservación de la firmeza de la fruta no se observó en la siguiente evaluación en donde no hubo diferencias significativas entre los tratamientos y el testigo inoculado.

Resultados similares se observaron para la firmeza interna (ver figura 10). La papaya con el tratamiento 54°C 4 min se separó estadísticamente de los demás tratamientos y del testigo inoculado al presentar mayor firmeza interna, sin embargo, en la segunda evaluación (4 ddsc) no se presentaron diferencias significativas (figura 10).

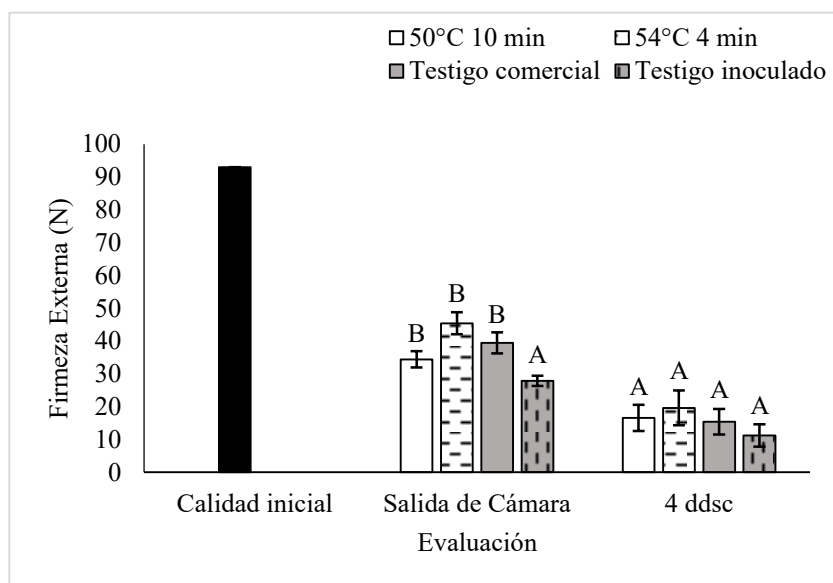


Figura 9. Firmeza externa en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones de calidad inicial, salida de cámara y 4 días después de salida de cámara (4 ddsc) en los tratamientos aplicados. *Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) según prueba DGC. Barras corresponden a error estándar.*

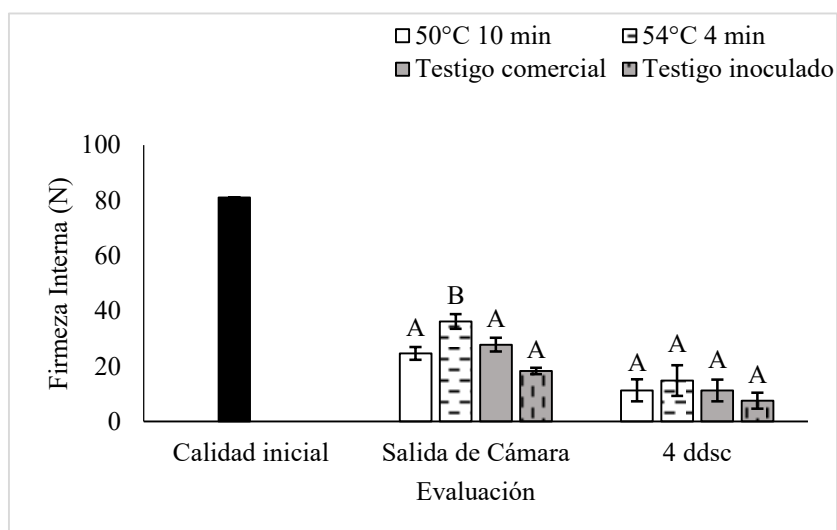


Figura 10. Firmeza interna en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones de calidad inicial, salida de cámara y 4 días después de salida de cámara (4 ddsc) en los tratamientos aplicados. *Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) según prueba DGC. Barras corresponden a error estándar.*



Con respecto a variables de color, en el cuadro 6 se presenta el resumen de los resultados de L\*, b\*, °hue durante las evaluaciones realizadas. Se observó una reducción en la luminosidad de la fruta con los tratamientos 54°C 4 min y testigo comercial durante las dos evaluaciones realizadas en comparación al tratamiento 50°C 10 m y testigo inoculado. Para la variable b\* que corresponde al cambio de azul a amarillo en la primer evaluación se observaron diferencias significativas en donde los tratamientos 54°C 4 min y testigo comercial disminuyeron el cambio al color amarillo, para la segunda evaluación el tratamiento térmico y el comercial redujeron el cambio a color amarillo con respecto a la fruta del testigo absoluto

Con relación a la variable C\* que corresponde a la intensidad del color predominante observado se presenta un comportamiento similar al de la variable b\* debido a que para el cálculo de C\* se utilizan los resultados de b\* (formula 1, variables evaluadas) por lo que se correlacionan en su comportamiento.

Cuadro 6. Medias  $\pm$  error estándar de las variables de color L\*, b\* y \*C en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones de salida de cámara y 4 días después de salida de cámara en los tratamientos aplicados.

Tratamientos	Evaluación					
	Salida de cámara			4 días después de salida de cámara		
	L*	b*	°C	L*	b*	°C
50°C 10 min	53,82 $\pm$ 0,61 B	45,50 $\pm$ 0,85 B	88,37 $\pm$ 0,86 B	56,88 $\pm$ 0,49 B	52,32 $\pm$ 0,78 A	79,31 $\pm$ 0,85 A
54°C 4 min	51,77 $\pm$ 0,55 A	43,50 $\pm$ 0,72 A	88,32 $\pm$ 0,74 A	55,85 $\pm$ 0,46 A	51,13 $\pm$ 0,69 A	78,59 $\pm$ 0,82 A
Testigo inoculado	53,99 $\pm$ 0,59 B	46,44 $\pm$ 0,91 B	88,72 $\pm$ 0,91 B	57,40 $\pm$ 0,35 B	54,33 $\pm$ 0,55 B	78,29 $\pm$ 0,65 B
Tratamiento comercial	51,52 $\pm$ 0,67 A	43,85 $\pm$ 0,94 A	89,64 $\pm$ 0,94 A	55,9 $\pm$ 0,53 A	53,03 $\pm$ 0,77 A	79,74 $\pm$ 0,89 A

*Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) según prueba DGC.*

Para el porcentaje de color amarillo en la fruta (figura 11), únicamente se presentaron diferencias significativas en la evaluación salida de cámara en donde el tratamiento de 50°C

10 min se separó estadísticamente de los demás tratamientos y el testigo inoculado, presentando un porcentaje mayor de color amarillo.

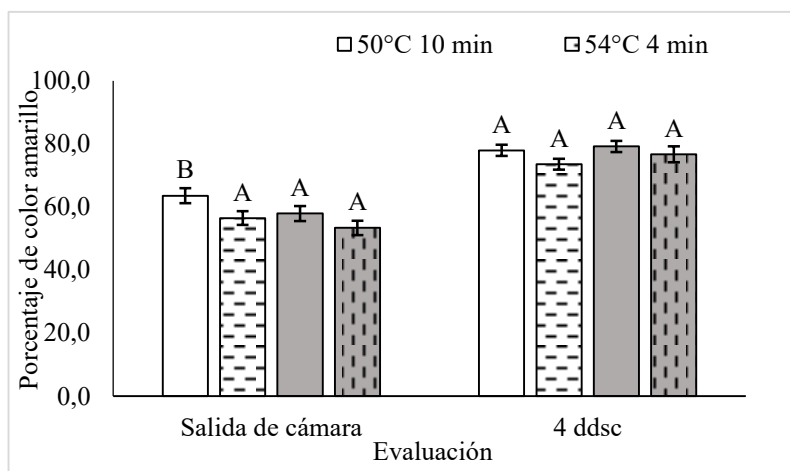


Figura 11. Porcentaje de color amarillo en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones de calidad inicial, salida de cámara y 4 días después de salida de cámara en los tratamientos aplicados. *Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) según prueba DGC. Barras corresponden a error estándar.*

## 5.2. Discusión ensayo 1: selección de la temperatura y tiempo de inmersión.

El uso de la inmersión en agua caliente sobre frutas de papaya presenta un efecto notorio y marcado en el control de agentes patógenos, esto se observó con el uso de los tratamientos con un tiempo de inmersión de 10 y 4 min a una temperatura de 50°C y 54°C respectivamente, ambos tratamientos disminuyeron la incidencia y severidad de las variables de enfermedades moho en pedúnculo, pudrición peduncular y antracnosis con respecto al testigo inoculado (figuras 3-8), únicamente para la incidencia de moho en pedúnculo no se observó una diferencia marcada con respecto al testigo inoculado.

Los resultados de esta investigación en cuanto a las enfermedades coinciden con lo que encontraron Li et al. (2013) quienes utilizaron la inmersión de papaya cv. Sunrise a 54°C durante 4 min y lograron una reducción en la incidencia y severidad de antracnosis con una inhibición del 55,4% al término del ensayo, además obtuvieron una reducción de 50% de la pudrición peduncular. En esta investigación se obtuvo por parte de los tratamientos con

inmersión en agua caliente 54°C 4 min y 50°C 10 min una reducción de 41,7% en incidencia de antracnosis en ambos tratamientos y de 84% y 82% respectivamente en severidad de antracnosis. Además, en el parámetro pudrición peduncular ambos tratamientos con inmersión en agua caliente presentaron una reducción en la incidencia de 33% y para la severidad una reducción de 37,7% (54°C 4 min) y 39,6 (50°C 10 min) al finalizar el ensayo con respecto al testigo inoculado (cuadro 5).

Este mismo efecto de disminución fue obtenido por Silva y Bassay (2014) en frutas de papaya cv. “Sunrise Solo” e híbrido “Taining 1” cuando utilizaron un tratamiento de mayor duración (hasta 30 min) y temperatura de entre 44 y 50°C para combatir la antracnosis y pudrición blanda.

El uso de tratamientos con agua caliente a nivel poscosecha se ha estudiado de forma extensa y su efecto se ha confirmado en una amplia cantidad de investigaciones como lo muestra Fallik (2004) y Lurie y Pedreschi (2014) quienes realizaron una recopilación de trabajos en donde se utilizó esta técnica, se determinó un rango de temperaturas entre 43 y los 53°C, así como tiempos de inmersión que varían de unos segundos hasta 2 horas, esto dependiendo del producto al que se le aplique el tratamiento obteniendo, efectos sobre la maduración, reducción de enfermedades, entre otros. Lo anterior confirma el efecto observado por parte de los tratamientos en esta investigación, los cuales estuvieron en el rango utilizado frecuentemente a nivel poscosecha para productos perecederos.

Los resultados encontrados en este ensayo con respecto al combate de enfermedades se pueden deber al control físico que genera la alta temperatura al estar en contacto con la fruta, la cual avanza en las primeras capas de la cutícula en donde se hospedan patógenos provocando su muerte (Chávez-Sánchez et al. 2013). Por otra parte, la inmersión en agua caliente puede afectar la producción de etileno en la fruta, inhibiendo de esta forma la maduración (Lurie y Mitcham 2007) y reducir la tasa de respiración, estos cambios fisiológicos en la fruta provocados por este tratamiento pueden jugar un papel importante en el control de enfermedades, debido a que los patógenos producen e inducen la biosíntesis de etileno, por lo que si la dinámica del etileno se ve afectada, se genera un efecto desfavorable para el patógeno (Li et al. 2013). Este efecto se logró detectar con la variable b\* (cambio de

rojo a verde) en ambas evaluaciones (cuadro 6) la cual presentó menores valores en los tratamientos con agua caliente y tratamiento comercial, además se observó una tendencia en la reducción del porcentaje de color amarillo de la fruta por parte del tratamiento 54°C 4 min (figura 11).

Por otra parte, como lo menciona Fallik (2004) el uso de agua caliente tiene efectos fisiológicos sobre el producto al que se aplique. Dentro de las variables de calidad evaluadas estas presentaron principalmente diferencias a la salida de cámara como el caso de la firmeza externa e interna en donde se observó que el uso de agua caliente mantuvo la firmeza con respecto al testigo inoculado (figura 9 y 10). Las variables de color presentaron variaciones a nivel cualitativo (porcentaje de color amarillo) y de forma cuantitativa (colorímetro), en donde en este primer tipo de evaluación únicamente detectó un mayor porcentaje de color amarillo por parte del tratamiento de 50°C 10 m a la salida de cámara (figura 11). Por otra parte, de forma cuantitativa se determinaron diferencias en los valores  $L^*$ ,  $b^*$  y  $C^*$  correspondiendo a la luminosidad, cambio de color azul a amarillo y cromaticidad (intensidad de color) (Konica Minolta 2007) las cuales se mostraron en la cuadro 6, obteniendo un mayor  $L^*$ ,  $b^*$  y  $C^*$  por parte del tratamiento 50°C 10 min y testigo inoculado durante el periodo de almacenamiento y en calidad anaquel la variable  $L^*$  tuvo el mismo comportamiento que en la primer evaluación, sin embargo, para  $b^*$  y  $C^*$  el testigo inoculado presentó los valores mayores debido a que estas frutas no fueron tratadas con la IAC, por lo tanto los efectos en retraso de maduración y combate de enfermedades pueden acelerar el desarrollo de estas variables, ya que estas se relacionan con un cambio al color amarillo ( $b^*$ ) y una mayor intensidad del color predominante.

Los resultados obtenidos para color (colorímetro) no concuerdan con lo observado por Li et al. (2013) y Zhao et al. (2013) quienes encontraron que con la inmersión en agua caliente (54°C 4 min) se acelera el cambio a color amarillo en papayas cv. “Sunrise” y “Havaian”, sin embargo estos coinciden con los de Chávez-Sánchez et al. (2013) que observaron una reducción del cambio a color amarillo ( $b^*$ ) y luminosidad cuando utilizaron tratamientos de 55°C durante 6 y 9 minutos sobre papayas cv. Maradol con respecto al tratamiento control.

Los resultados en la reducción del cambio de color a amarillo se pueden deber al efecto que tiene el agua caliente sobre la fruta por la reducción de la respiración y un menor pico del climaterio, lo que reduce la actividad en la fruta provocando que el cambio de color se vea afectado (Li et al. 2013). A pesar del efecto sobre las características de calidad en la fruta observadas durante este ensayo, es oportuno resaltar que estos cambios no afectaron negativamente la calidad de las frutas, incluso estas características permanecen similares a las que se obtuvieron con el uso de tratamiento comercial. En contraste con estos resultados, Chávez-Sánchez et al. (2013) registraron un cambio en el color al aplicar el tratamiento, produciéndose un bronceado que afectó la calidad final de la fruta debido al daño producido por el calor a los tejidos. Estas diferencias se pueden deber a que el tratamiento con calor en productos agrícolas va a variar según muchos factores propios del material como lo son variedad, el índice de cosecha, las condiciones durante el crecimiento del cultivo, el manejo de la etapa poscosecha y hasta por características propias del tratamiento (Lurie y Mitcham 2007).

Con respecto a la firmeza, estos resultados concuerdan con Li et al. (2013) y Zhao et al. (2013) quienes encontraron que al utilizar inmersión en agua caliente se reducía el ablandamiento en frutas de papaya. Este efecto se puede deber a una menor tasa de actividad de enzimas que degradan la pared celular como poligalacturonasa y pectin-metil-esterasa y un aumento en la proteína inhibitoria de la poligalacturonasa provocada por la inmersión en agua caliente (Zhao et al. 2013), por lo que se da un incremento del contenido total de pectina con respecto a frutas sin el tratamiento (Li et al. 2013) y aunado al efecto en la retardación de la maduración debido a un cese en la síntesis de proteínas (Lurie y Mitcham 2007 y Lurie y Pedreschi 2014) por lo que se genera una mayor preservación de la firmeza en la fruta.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos en esta investigación, donde se encontró una reducción de enfermedades por parte de los tratamientos 54°C 4 min y 50°C 10 min y con efectos leves en la calidad de la papaya como lo son reducción del avance de color amarillo y una mayor firmeza, se concluyó que el tratamiento de 54°C 4 min fue el tratamiento de más fácil implementación a nivel comercial, tomando en cuenta el punto de vista de operación de este tratamiento en una planta comercial de papaya, ya que reduce el tiempo de inmersión en

comparación al tratamiento de 50°C 10 min y se lograron resultados similares, por esto se seleccionó para los ensayos posteriores.

### 5.3. Resultados ensayo 2: Inmersión en agua caliente en combinación con ceras

En el cuadro 6 se muestra el resumen de las variables evaluadas en este ensayo. Se presentaron diferencias significativas entre tratamientos (análisis estadístico se muestra en anexo 9). Para el caso de las variables que no presentaron diferencias significativas en una o ambas evaluaciones, los resultados se encuentran en el apartado de anexos. Las variables que presentaron diferencias se comentan a continuación.

Se debe de tomar en cuenta que para el análisis estadístico de este ensayo, no se incluyó el tratamiento testigo inoculado, este se utilizó como una referencia.

Cuadro 7. Resumen de las diferencias significativas estadísticas entre tratamientos para las variables evaluadas en el ensayo 2 en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones salida de cámara y 10 días después de salida de cámara (10 ddsc).

Variables fitosanitarias	Diferencias significativas	
	Salida de cámara	10 ddsc
Incidencia moho pedúnculo	*	NS
Severidad moho pedúnculo	*	*
Incidencia pudrición peduncular	NS	NS
Severidad pudrición Peduncular	NS	NS
Incidencia antracnosis	NS	NS
Severidad antracnosis	NS	NS
Variables de calidad		
Firmeza Externa	NS	NS
Firmeza Interna	NS	NS
Color (L*, a*, b*, °Hue, C*)	NS	NS
Porcentaje color amarillo	NS	NS
Pérdida de peso	NS	NS
Tasa respiratoria	*	NS
Grados Brix	*	NS

\*: Con diferencias significativas, NS: Sin Diferencias significativas.

### **5.3.1. Variables fitosanitarias**

Se encontró diferencias significativas entre tratamientos (cuadro 8), en la variable moho en pedúnculo (incidencia y severidad) durante la evaluación SC. Los tratamientos IAC+ cera 1 al 6% e IAC+ cera 3 al 15% presentaron valores menores que solo la IAC (sin diferencia significativa entre ellos) y 10 ddsc el tratamiento IAC+ cera al 1 e IAC no llegaron al 100% de incidencia y severidad. Por otra parte, para las demás variables se observaron efectos entre tratamientos de IAC+ cera (aunque sin diferencias estadísticas respecto a la aplicación de únicamente IAC) los cuales se resaltan en el cuadro 8. Por ejemplo, se observó que la dosis mayor de cada cera utilizada tendió a reducir la incidencia de antracnosis y la cera 3 al 20% fue la que presentó más efecto para las variables fitosanitarias en la segunda evaluación en comparación con las otras ceras, pero su eficacia fue menor con relación al tratamiento solo IAC.

El testigo inoculado (figura 8) se mantuvo siempre valores superiores para todas las variables en su incidencia y severidad, así como en ambas evaluaciones. Llegando a presentar 100% de incidencia de moho en pedúnculo, pudrición peduncular y antracnosis en la segunda evaluación.

Cuadro 8. Media  $\pm$  error estándar de las variables de enfermedades en papaya híbrido Pococí durante las evaluaciones de salida de cámara y 10 días después de salida de cámara. IAC : Inmersión en agua caliente 54°C 4 min

Tratamientos	Salida de cámara							10 días después de salida de cámara						
	IMP	SMP	IPP	SPP	IA	SA	IMP	SMP	IPP	SPP	IA	SA		
IAC+Cera 1 al 6%	21 $\pm$ 8	2,07 $\pm$ 1,72	3 $\pm$ 3	0,17 $\pm$ 0,17	0	0	80 $\pm$ 11	61,67 $\pm$ 11,06	67 $\pm$ 13	62,33 $\pm$ $\pm$ 12,52	60 $\pm$ 13	4,67 $\pm$ 1,76		
IAC+Cera 1 al 8%	45 $\pm$ 9	6,38 $\pm$ 3,63	3 $\pm$ 3	3,45 $\pm$ 3,45	3 $\pm$ 3	0,14 $\pm$ 0,14	100	64,33 $\pm$ 11,06	67 $\pm$ 13	48,67 $\pm$ $\pm$ 12,98	27 $\pm$ 12	3,00 $\pm$ 1,75		
IAC+Cera 2 al 15%	52 $\pm$ 9	12,14 $\pm$ 4,21	7 $\pm$ 5	1,90 $\pm$ 1,32	3 $\pm$ 3	0,28 $\pm$ 0,28	100	76,29 $\pm$ 9,83	79 $\pm$ 11	77,14 $\pm$ 11,26	50 $\pm$ 13	3,14 $\pm$ 1,20		
IAC+Cera 2 al 20%	75 $\pm$ 8	16,86 $\pm$ $\pm$ 5,58	7 $\pm$ 5	4,29 $\pm$ 3,62	4 $\pm$ 4	0,04 $\pm$ 0,04	100	96,43 $\pm$ 2,48	71 $\pm$ 13	71,43 $\pm$ 12,53	29 $\pm$ 13	4,14 $\pm$ 2,86		
IAC+Cera 3 al 15%	20 $\pm$ 7	1,23 $\pm$ 0,84	7 $\pm$ 5	1,83 $\pm$ 1,28	7 $\pm$ 3	0,33 $\pm$ 0,27	100	80,33 $\pm$ 9,52	73 $\pm$ 12	71,33 $\pm$ 11,66	47 $\pm$ 13	5,93 $\pm$ 2,93		
IAC+Cera 3 al 20%	30 $\pm$ 9	1,4 $\pm$ 0,58	0	0	3 $\pm$ 3	0,07 $\pm$ 0,07	100	54,13 $\pm$ 9,68	47 $\pm$ 13	43,33 $\pm$ 12,79	33 $\pm$ 13	1,87 $\pm$ 0,79		
IAC	27 $\pm$ 8	2,33 $\pm$ 1,22	10 $\pm$ 6	2,33 $\pm$ 1,35	3 $\pm$ 3	0,03 $\pm$ 0,03	60 $\pm$ 13	48,33 $\pm$ 12,011	87 $\pm$ 9	58,67 $\pm$ $\pm$ 11,79	53 $\pm$ 13	2,93 $\pm$ 1,68		
Valor p	0,0001	<0,0001	0,7065	0,7104	0,9214	0,9178	0,0001	0,0177	0,365	0,4452	0,4094	0,7687		
*Test. inoc.	58 $\pm$ 12	26 $\pm$ 9	74 $\pm$ 10	58 $\pm$ 11	53 $\pm$ 12	1,5 $\pm$ 0,4	1	100	100	100	100	27 $\pm$ 6		

IMP: Incidencia moho en pedúnculo. SMP: Severidad moho en pedúnculo. IPP: Incidencia pudrición peduncular. SPP: Severidad pudrición peduncular. IA: Incidencia de antracnosis. SA: Severidad de antracnosis. IAC: Inmersión en agua caliente

\*Valores sombreados representan efectos leves del tratamiento con respecto a los demás tratamientos, aunque sin diferencias estadísticas respecto al tratamiento IAC.

*Significancia estadística: valor p según la prueba de Kruskal Wallis*

\*El tratamiento testigo inoculado no fue incluido en el análisis estadístico.



### 5.3.2. Variables de calidad

Se determinó la calidad inicial de las frutas de papaya híbrido Pococí antes del ingreso a almacenamiento y se obtuvieron los siguientes valores: porcentaje de color amarillo de 10% por lo que se encuentra en el estado 1 de maduración (Salazar-Espinoza 2012), color externo L\* de 40,34, a\* de -5,63, b\* de 37,06, C\* de 98,70, °hue de 38,23. La firmeza externa e interna rondó los 93 N y 81 N respectivamente, según la escala de maduración del híbrido Pococí las frutas se encontraban 8 N y 10 N por encima de los esperados para el estado 1 (Salazar-Espinoza 2012). Los grados brix se encontraban en 11,7, este valor se encuentra 0,7 °brix por encima de lo esperado en el estado 1 de maduración (Salazar-Ezpinosa 2012). El peso promedio de las frutas fue de 1301,2 gramos.

El comportamiento de los grados brix se observa en la figura 12. En la evaluación salida de cámara se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos IAC, IAC+ cera 1 al 6%, IAC+ cera 2 al 20% con respecto a los demás tratamientos, presentando una mayor cantidad de °brix. Por otra parte, a los 10 ddsc esta tendencia no se mantuvo, no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos.

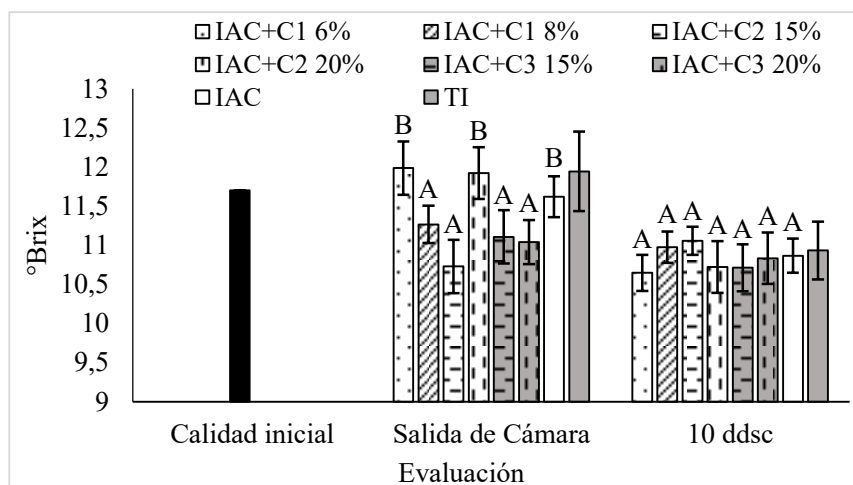


Figura 12. Grados brix en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones de calidad inicial, salida de cámara (SC) y 10 días después de salida de cámara (10 ddsc) en los tratamientos aplicados. IAC: inmersión en agua caliente. C1, C2 y C3: diferentes ceras en diferentes dosis (%), TI: testigo inoculado. *Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) según prueba DGC. Barras corresponden a error estándar.*

En la figura 13 se muestra el comportamiento de la respiración de la papaya con los diferentes tratamientos, observándose una mayor respiración (con diferencias significativas) cuando se aplicó la IAC+C 1 8% y solo la IAC en la evaluación de entrada a cámara con respecto a los demás tratamientos.

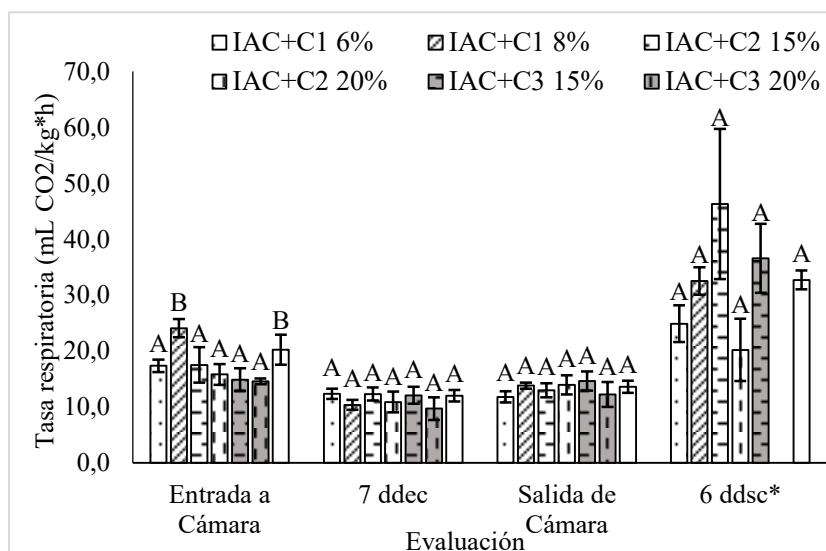


Figura 13. Respiración (mL CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>) en frutas de papaya híbrido Pococí durante las evaluaciones de entrada a cámara (EC), 7 días después de entrada a cámara (ddec), salida de cámara (SC) y 6 días después de salida de cámara (ddsc) en los tratamientos aplicados. IAC: inmersión en agua caliente. C1, C2 y C3: diferentes ceras en diferentes dosis (%), TI: testigo inoculado. 6 ddsc\*: No se logró realizar la medición del tratamiento IAC+C3 20% por la avería en el equipo de medición. *Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes (p>0,05) según prueba DGC. Barras corresponden a error estándar.*

Con base a los resultados obtenidos, donde ningún tipo de cera y su dosis en combinación con IAC presentó una marcada ventaja a solamente utilizar IAC con respecto las variables evaluadas, con excepción para la incidencia de antracnosis donde se observó que a mayor dosis de cera hubo una tendencia a su reducción. Por lo anterior, se decidió escoger la cera 1 al 8% debido a su ventaja a nivel comercial en cuanto a precio (anexo 4). Además, esta cera presentó una formulación que facilitó su uso con respecto a las ceras 2 y 3, ya que por su

consistencia permitió una medición más correcta para su dosificación. Por lo que para el ensayo 4 se utilizó el tratamiento cera 1 al 8%.

#### **5.4. Discusión ensayo 2: inmersión en agua caliente en combinación con ceras**

Con los resultados obtenidos en el ensayo 1 se encontró un panorama optimista en el uso del agua caliente para el control de enfermedades como antracnosis y pudrición peduncular en frutas de papaya, por lo que se planteó el uso de ceras para complementar este efecto positivo en la vida poscosecha de una fruta altamente perecedera como lo es la papaya. Sin embargo, los resultados para este ensayo (cuadro 8) muestran que no se añade ningún efecto adicional al añadir una cera posteriormente al uso de agua caliente con respecto a la reducción de variables fitosanitarias como antracnosis, pudrición peduncular y desarrollo de moho en pedúnculo. Únicamente se observó un leve efecto por parte de las dosis mayores de las tres ceras utilizadas en la disminución de la incidencia de antracnosis, sin embargo, este efecto no fue marcado y no se presentaron diferencias significativas con respecto a las demás dosis y al uso de agua caliente solamente. Por otra parte, este efecto no se observó para la severidad de esta enfermedad.

Estos resultados coinciden con diversas investigaciones. Castricini (2009) utilizó recubrimientos a base de almidón de yuca y almidón modificado (carboximetil almidón CMA) en frutas de papaya cv. “Golden” determinando que la aplicación de estos recubrimientos no presentaba efecto adicional en el desarrollo de enfermedades poscosecha con respecto a frutas sin el recubrimiento. Berry et al. (2004) utilizaron aminoetoxi-vinilglicina un inhibidor del etileno (Retain®) sobre frutas de papaya “Red Lady” de igual manera no obtuvieron efecto en la disminución de enfermedades. Más recientemente Corrales y Umaña (2015), no encontraron resultados favorables en la reducción de daños por patógenos al utilizar cera de abejas y aceite de palma (Verdiol 11L ®), cera de mezcla de ácidos grasos (JBT 2981®) y quitosano posteriormente a la inmersión en agua caliente (49°C 20m) sobre frutas de papaya del híbrido Pococí. Contrastando a estos resultados Barrera et al. (2012) determinaron efectos en la reducción de enfermedades utilizando un recubrimiento a base de propóleos en frutas de papaya cv. “Hawaiana”, sin embargo, su efecto durante el tiempo se redujo llegando a ser similar al testigo.

Con respecto a los resultados obtenidos en esta investigación y en función de los trabajos presentes en la literatura, donde no se observa un efecto contundente en el combate de enfermedades posteriormente a la aplicación de ceras. Se podría suponer que las ceras a las dosis utilizadas no afectan directamente a la germinación y desarrollo de las estructuras del hongo, por lo que el proceso de infección en la fruta no se ve afectado. Por otra parte, el efecto de mayor influencia por parte de las ceras a nivel poscosecha recae sobre procesos fisiológicas como intercambio gaseoso, tasa de respiración, pérdida de peso, metabolismo de la fruta, maduración, producción de etileno (Castricini 2009, Almeida et al. 2011, Corrales y Umaña 2015 y Nascimento et al. 2018). Su efecto a nivel fisiológico se puede deber al recubrimiento permeable que genera sobre la fruta, provocando un menor intercambio gaseoso con el medio, desencadenando su efecto en las variables mencionadas con el objetivo de mantener propiedades organolépticas y prolongar la vida poscosecha de productos perecederos (Castricini 2009 y Medeiros et al. 2012).

Sin embargo, con base a los resultados obtenidos en esta investigación, las ceras a las dosis utilizadas no afectaron las variables fisiológicas en la fruta como para reprimir el crecimiento de patógenos. Debido a la ausencia de efecto antimicrobiano por parte de ciertos recubrimientos y aprovechando que estos pueden ser un efectivo medio de transporte para sustancias antimicrobianas, se ha implementado recubrimientos en combinación de sustancias como bicarbonato de sodio, controladores biológicos como *Candida oleophila* (Gamagae et al. 2004), ácido ascórbico (Sogvar et al. 2016), aceites esenciales (Bosquez-Molina et al. 2010, Acosta et al. 2016 y Dinah et al. 2018) y cloruro de calcio (Khaliq et al. 2015) encontrando efectos sobre patógenos como *Rhizopus stolonifer*, diferentes especies del género *Colletotrichum*, pudriciones, mohos y levaduras. Por lo anterior se puede inferir que la cera por sí sola no presenta un efecto fungistático, sino que este efecto se lo puede brindar sustancias adicionales, por lo que quedaría este aspecto a considerar para otros trabajos.

Dentro de las variables de calidad, las variables de color no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos, estos resultados coinciden con lo obtenido por Corrales y Umaña (2015) en frutas del híbrido Pococí complementando el tratamiento de inmersión en agua caliente (49°C 20 m) con ceras.

Unicamente se logró determinar diferencias significativas con respecto a la tasa de respiración en la primer evaluación posterior a la aplicación de los tratamientos donde los tratamientos de inmersión en agua caliente en combinación de la cera 2 al 20% y el tratamiento sin cera presentaron mayor tasa respiratoria, sin embargo durante el transcurso del ensayo no se determinaron diferencias significativas entre los tratamientos con cera respecto al tratamiento al que se le aplicó unicamente la inmersión en agua caliente. Estos resultados no concuerdan con lo obtenido por Castricini (2009), Corrales y Umaña (2015), quienes encontraron una disminución en la tasa respiratoria con el uso de cera posteriormente a la inmersión en agua caliente, sin embargo cabe resaltar que el tratamiento térmico utilizado en la investigación de Corrales y Umaña (2015) corresponde al tratamiento cuarentenario, el cual es casi cuatro veces más intenso respecto al tiempo de inmersión con relación al utilizado en este ensayo, ya que se sumergieron las frutas durante 20 minutos en comparación de los 4 minutos utilizados para la obtención de estos resultados. Por lo que se plantea la posibilidad que un tratamiento de inmersión en agua caliente de mayor longitud de tiempo tiene un mayor impacto sobre la fruta y por lo tanto un mayor impacto en aumentar el metabolismo de la papaya.

Respecto al tratamiento de inmersión en agua caliente, se ha determinado que tiene la capacidad de redistribuir las ceras epicuticulares de la papaya, provocando un recubrimiento sobre aberturas de intercambio gaseoso presentes en la cáscara de la fruta (Kechinski et al. 2012). Basado en lo anterior, se podría interpretar que realiza una función similar al de una cera recubriendo zonas de la fruta donde se da intercambio gaseoso. Debido a este efecto se sugiere que el utilizar una cera posterior a la aplicación del tratamiento de 54°C con un tiempo de inmersión de 4 minutos no añade ventajas con respecto a la tasa respiratoria. Se debe de considerar además, los efectos fisiológicos que tiene el uso de la inmersión en agua caliente sobre la fruta, respecto a maduración y producción de etileno (Lurie y Mitcham 2007, Li et al. 2013 y Lurie y Pedreschi 2014).

Se observaron diferencias con respecto a los grados brix durante la primer evaluación en donde los tratamientos IAC+ cera 1 al 6%, IAC+ cera 3 al 20% e IAC obtuvieron más azúcares respecto a los demás tratamientos. Los cambios en esta variable se pueden dar con el uso de cera tal como lo señalaron Almeida et al. (2011) en frutos de papaya al recubrirlos

con una película de almidón de yuca, atribuyendo su efecto a la inhibición de la maduración en la fruta por parte de la cera, lo que influye directamente en el contenido de sólidos solubles, sin embargo los resultados obtenidos no fueron consistentes para la segunda evaluación del ensayo. Por otra parte, las diferencias obtenidas en la primera evaluación corresponden a resultados de grados brix que entre el mayor y menor dato la diferencia es de 0,58° brix tomando en cuenta el error estándar, por lo que se podría considerar de poco efecto ya que el umbral para detectar un cambio en la variable brix es de  $\pm 1$  grado brix (Ávila y González, 2011).

Con los resultados obtenidos con respecto a las variables fitosanitarias y de calidad en donde ningún tipo de cera y dosis permitió una mejora en relación a la sola aplicación del agua caliente, se decidió escoger un tratamiento con base a su precio, ya que es una variable de gran importancia a nivel comercial. También se consideró las características de formulación de la cera, ya que la cera 1 es un concentrado emulsionable (EC), la cera 2 no lo menciona en su presentación y la cera 3 un concentrado dispersable (DC). Estas dos últimas se presentan grumos que dificultan el proceso de medición, dando como resultado la selección de la cera 1 al 8% para su uso en el ensayo 4.

### **5.5. Ensayo 3: Inmersión en agua caliente en combinación con sustancias alternativas**

Los principales resultados del uso de IAC 54°C 4 min en complemento con las sustancias alternativas quitosano, cloruro de calcio y extracto de tomillo se presenta a continuación.

En el cuadro 9 se muestra el resumen de las variables evaluadas en este ensayo. Se presentaron diferencias significativas entre tratamientos (análisis estadístico se muestra en el anexo 12). Para el caso de las variables que no presentaron diferencias significativas en una o ambas evaluaciones los resultados se encuentran en el apartado de anexos. Las variables en las que se encontraron diferencias estadísticas se comentan a continuación.

Cuadro 9. Resumen de las diferencias significativas estadísticas entre tratamientos para las variables evaluadas en el ensayo 3 en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones salida de cámara y 10 días después de salida de cámara (10 ddsc).

Variables fitosanitarias	Diferencias significativas	
	Salida de cámara	10 ddsc
Incidencia moho pedúnculo	*	NS
Severidad moho pedúnculo	*	NS
Incidencia pudrición peduncular	NS	NS
Severidad pudrición peduncular	*	NS
Incidencia antracnosis	NS	*
Severidad antracnosis	NS	*
Variables de calidad		
Firmeza externa	*	*
Firmeza interna	*	*
Color (L*, a*, b*, °Hue, C*)	NS (todas las variables)	* (todas las variables)
Porcentaje color amarillo	*	*
Pérdida de peso	*	NS
Tasa respiratoria	*	NS
Grados Brix	NS	NS

\*: Con diferencias significativas, NS: Sin Diferencias significativas.

### 5.5.1. Variables fitosanitarias

En el cuadro 10 se muestra el resumen de las variables de enfermedades en las evaluaciones realizadas. En la incidencia de moho en pedúnculo a la salida de cámara se presentaron diferencias significativas en donde la IAC obtuvo los menores valores respecto a los demás tratamientos. Para la segunda evaluación el tratamiento IAC+ extracto de tomillo presentó el menor valor ( $70 \pm 9$ ), sin embargo, no se presentaron diferencias significativas respecto a los demás tratamientos. Este comportamiento se mantuvo para la severidad de moho en pedúnculo en donde a la salida de cámara la IAC disminuyó esta variable (con diferencias significativas) y a los 10 ddsc no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos.

Las papayas con los tratamientos IAC+ cloruro de calcio e IAC+ quitosano no presentaron pudrición peduncular a la salida de cámara, sin embargo, para la segunda evaluación los tratamientos que tendieron a tener menor incidencia en esta variable fueron IAC+ extracto de

tomillo e IAC+ quitosano ( $56\pm 10$  y  $52\pm 9$  respectivamente). Este comportamiento se mantuvo en la segunda evaluación para la variable severidad de pudrición peduncular ( $39,81\pm 8,46$  y  $43,7\pm 7,92$ ), sin embargo, en ambos casos no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos.

Para la variable incidencia de antracnosis (cuadro 10) a salida de cámara no se observaron diferencias significativas. En la segunda evaluación los tratamientos IAC+ cloruro de calcio e IAC ( $67\pm 9$  y  $59\pm 10$ ) lograron reducir esta variable respecto a los tratamientos IAC+ extracto de tomillo e IAC+ quitosano ( $93\pm 5$  y  $89\pm 9$ ). Sin embargo, este comportamiento no se observó para la severidad de antracnosis en donde a la salida de cámara no se presentaron diferencias significativas y en la segunda evaluación los tratamientos IAC y IAC+ quitosano y IAC+ cloruro de calcio redujeron esta variable (con diferencias significativas) respecto al tratamiento IAC+ extracto de tomillo.



Cuadro 10. Medias  $\pm$  error estándar de las variables de enfermedades en papaya híbrido Pococí durante las evaluaciones de salida de cámara y 10 días después de salida de cámara en los tratamientos aplicados. IMP: Incidencia moho pedúnculo, SMP: severidad moho pedúnculo, IPP: incidencia pudrición peduncular, SPP: severidad pudrición peduncular,

IA: incidencia antracnosis, SA: severidad antracnosis, IAC: inmersión en agua caliente 54°C 4 min

Tratamiento	Salida de cámara						10 días después de salida de cámara					
	IMP	SMP	IPP	SPP	IA	SA	IMP	SMP	IPP	SPP	IA	SA
IAC+Extracto de tomillo al 1%	24 $\pm$ 6	1,42 $\pm$ 0,48	4 $\pm$ 3	0,46 $\pm$ 0,33	11 $\pm$ 4	0,22 $\pm$ 0,1	70 $\pm$ 9	30,41 $\pm$ 6,7	56 $\pm$ 10	39,81 $\pm$ 8,46	93 $\pm$ 5	15,56 $\pm$ 3,36
IAC+Cloruro de calcio al 2,5%	37 $\pm$ 7	1,59 $\pm$ 0,52	0	0	9 $\pm$ 4	0,13 $\pm$ 0,07	96 $\pm$ 4	31,44 $\pm$ 6,11	74 $\pm$ 9	54,81 $\pm$ 7,92	67 $\pm$ 6	10,52 $\pm$ 3,84
IAC+ Quitosano al 1%	24 $\pm$ 6	0,74 $\pm$ 0,52	0	0	5 $\pm$ 4	0,09 $\pm$ 0,07	85 $\pm$ 7	24,00 $\pm$ 6,11	52 $\pm$ 9	43,70 $\pm$ 7,92	89 $\pm$ 9	8,37 $\pm$ 3,84
IAC	9 $\pm$ 4	0,33 $\pm$ 0,21	11 $\pm$ 44	0,65 $\pm$ 0,44	9 $\pm$ 4	0,13 $\pm$ 0,07	89 $\pm$ 6	29,19 $\pm$ 5,99	67 $\pm$ 9	53,52 $\pm$ 8,42	59 $\pm$ 10	5,33 $\pm$ 2,33
Valor p	0,0092	0,0403	0,0061	0,0066	0,7792	0,7691	0,056	0,8921	0,315	0,5235	0,007	0,0009

*Significancia estadística: valor p según la prueba de Kruskal Wallis*

IMP: Incidencia moho en pedúnculo. SMP: Severidad moho en pedúnculo. IPP: Incidencia pudrición peduncular. SPP: Severidad pudrición peduncular. IA: Incidencia de antracnosis. SA: Severidad de antracnosis. IAC: Inmersión en agua caliente

### 5.5.2. Variables de calidad

Se determinó la calidad inicial de las frutas de papaya híbrido Pococí antes del ingreso a almacenamiento y se obtuvieron los siguientes valores: porcentaje de color amarillo de 5%, lo cual corresponde al estado 1 de maduración (Salazar-Espinoza 2012), color externo L\* de 40,90, a\* de -9,94, b\* de 23,49, C\* de 113,17, °hue de 25,56. La firmeza de externa e interna rondó en 102 N y 88 N respectivamente, 17 N por encima de la firmeza esperada en frutas de estado 1 (en ambas variables) según Salazar-Espinoza (2012). Los grados brix de 10 se encontraba en el ámbito de 7,8-11 ° brix para el estado 1 de maduración del híbrido Pococí (Salazar-Espinoza 2012). El peso promedio fue de 1191,9 gramos.

En cuanto a las variables de color, no se obtuvo diferencias significativas en la evaluación de salida de cámara, sin embargo, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en la evaluación de 10 días después de salida de cámara (cuadro 11) para las variables L\*, a\*, b\* y C\*. Se observaron valores menores en estas variables en los tratamientos IAC+ extracto de tomillo e IAC+ quitosano, separándose estadísticamente respecto a IAC e IAC+ cloruro de calcio; mientras para la variable °hue los tratamientos IAC+ extracto de tomillo e IAC+ quitosano presentaron los menores valores.

Cuadro 11. Medias de las variables de color L\*, a\*, b\*, °hue, \*C en papayas híbrido Pococí durante la evaluación 10 días después de salida de cámara en los tratamientos aplicados.

Tratamientos	Evaluación				
	10 días después de salida de cámara				
	L*	a*	b*	°hue	*C
IAC+ Extracto de tomillo al 1%	52,85±0,68 A	8,04±0,93 A	49,64±1,03 A	81,51±1,02 B	50,51±1,11 A
IAC+ Cloruro de calcio al 2,5%	55,73±0,52 B	11,79±0,79 B	53,52±0,83 B	77,97±0,69 A	54,95±0,95 B
IAC+ Quitosano al 1%	53,69±0,84 A	7,78±1,01 A	50,65±1,29 A	82,13±1,03 B	51,49±1,4 A
IAC	56,03±0,67 B	10,34±0,89 B	52,93±0,99 B	79,52±0,88 A	54,12±1,09 B

IAC: Inmersión en agua caliente 54°C 4 min. Medias ± error estándar. *Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes (p>0,05) según prueba DGC.*

En las figuras 14 y 15 se muestra la firmeza en la fruta (externa e interna). En la evaluación de salida de cámara, los tratamientos IAC e IAC+ cloruro de calcio mantuvieron con mayor

firmeza la papaya y para la segunda evaluación el tratamiento IAC fue el que logró mantener los mayores valores en relación con los demás tratamientos.

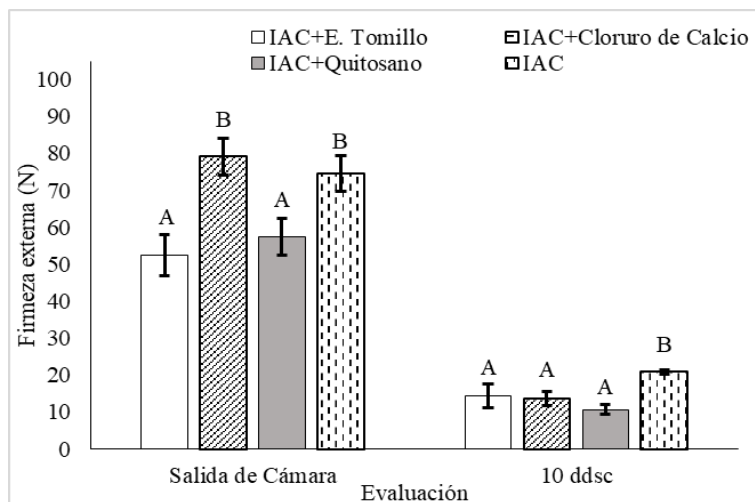


Figura 14. Firmeza externa en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones de calidad inicial, salida de cámara y 10 días después de salida de cámara (10 ddsc) en los tratamientos aplicados. *Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) según prueba DGC. Barras corresponden a error estándar.*

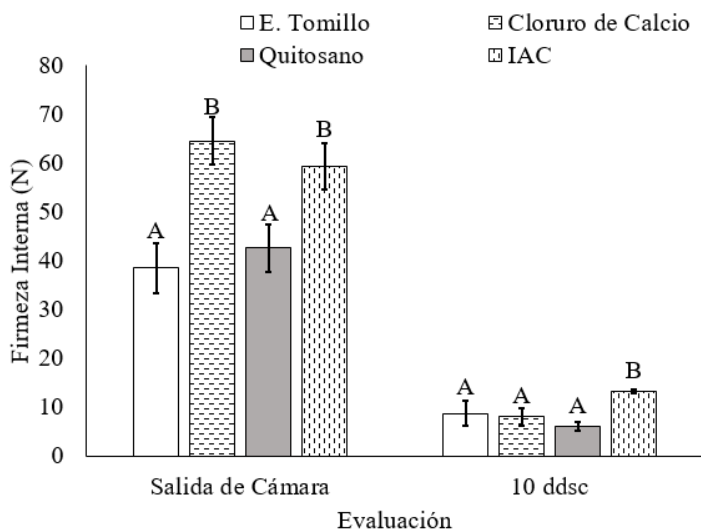


Figura 15. Firmeza interna en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones de calidad inicial, salida de cámara y 10 días después de salida de cámara (10 ddsc) en los tratamientos aplicados. *Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) según prueba DGC. Barras corresponden a error estándar.*

En la figura 16 se muestra la variable tasa respiratoria. Se obtuvieron diferencias significativas únicamente en la evaluación de entrada a cámara en donde el tratamiento quitosano redujo la tasa respiratoria respecto a los demás tratamientos. Sin embargo, en las siguientes evaluaciones no se observaron diferencias significativas entre tratamientos.

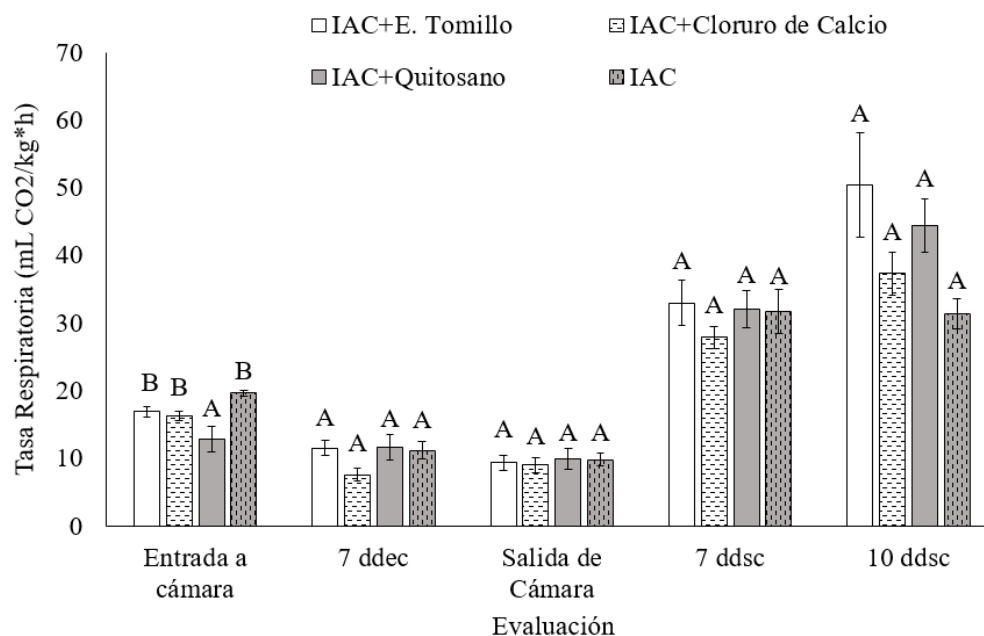


Figura 16. Tasa Respiratoria (mL CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>) en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones de entrada a cámara, 7 días después de entrada a cámara (7 ddec), salida de cámara y 7 días después de salida de cámara (7 ddsc) y 10 días después de salida de cámara (10 ddsc) en los tratamientos aplicados. *Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes (p>0,05) según prueba DGC. Barras corresponden a error estándar.*

En cuanto a la variable de pérdida de peso acumulado, en el cuadro 12 se muestra el resumen de los resultados, en donde a los 15 días (evaluación salida de cámara) los tratamientos quitosano y extracto de tomillo aumentaron la pérdida de peso con respecto a los demás tratamientos. Este comportamiento no se observó en la última evaluación, a pesar de observarse diferencias (cuadro 12), la variación de los datos a este nivel no permitió determinar diferencias estadísticas entre tratamientos.

Cuadro 12. Pérdida de peso acumulado (%) en papayas híbrido Pococí en las evaluaciones de salida de cámara y 10 días después de salida de cámara (10 ddsc) en los tratamientos aplicados.

Pérdida de peso acumulado (%)		
Evaluación		
Tratamiento	Salida de cámara	10 ddsc
IAC + extracto de tomillo al 1%	2,8±0,13 B	5,1±0,24 A
IAC + cloruro de calcio al 2,5%	2,5±0,11 A	6,4±0,28 A
IAC + Quitosano al 1 %	2,9±0,13 B	5,6±0,3 A
IAC	2,5±0,18 A	4,9±0,32 A

IAC: Inmersión en agua caliente 54°C 4 min. *Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes ( $p>0,05$ ) según prueba DGC.*

### **5.6. Discusión ensayo 3: Inmersión en agua caliente en combinación con sustancias alternativas**

El uso de las sustancias quitosano, cloruro de calcio y extracto de tomillo posteriormente a la inmersión de la papaya híbrido Pococí en agua caliente (54°C 4 m) presentó resultados variables en cuanto a su efecto sobre las variables fitosanitarias. Estos tratamientos redujeron la IPP y SPP durante el almacenamiento en frío y la calidad anaquel de las frutas de papaya, sin embargo, este comportamiento no fue general, ya que no aportaron en la reducción de antracnosis. El aplicar una sustancia alternativa combinada con inmersión en agua caliente, no trajo efectos positivos adicionales en comparación de solamente aplicar la inmersión en agua caliente.

Las sustancias utilizadas en este ensayo han sido probadas en diferentes investigaciones obteniendo éxito en el control de enfermedades en papaya. En el caso de quitosano Salvador-Figueroa et al. (2017) utilizaron un recubrimiento a base de quitosano al cual añadieron aceite esencial de tomillo y canela reduciendo de 30% a 50% los daños ocasionados por antracnosis en frutas de papaya cv. Maradol. Hewajulige et al. (2007) determinaron efecto en la reducción de la incidencia y severidad de antracnosis con respecto al testigo al utilizar un

recubrimiento de quitosano al 1% (formulado a base de camarones y procesados en el laboratorio) en frutos de papaya. Dinah et al. (2018) encontraron una sinergia en la combinación de recubrimientos de quitosano y aceite esencial de *Cymbopogon citratus* (D.C. ex Nees) Stapf. reduciendo el desarrollo de lesiones de antracnosis en frutos de papaya. Hewajulige et al. (2009) a nivel *in-vitro* determinaron una inhibición del crecimiento del 100% de esporas de *C. gloeosporioides* a partir de una concentración del 1%. Sin embargo, los resultados obtenidos en esta investigación coinciden con Corrales y Umaña (2015) ya que obtuvieron efectos leves en la disminución de pudriciones y antracnosis utilizando quitosano (del laboratorio de polímeros POLIUNA) posteriormente a la inmersión en agua caliente (49°C 20 min) en papayas Híbrido Pococí y no encontraron diferencias significativas con respecto a solamente utilizar agua caliente.

Los resultados obtenidos con el uso del extracto de tomillo no concuerdan con las eficacias de combate determinadas para antracnosis en la literatura. Bosquez-Molina et al. (2010) encontraron una disminución en la severidad de *C. gloeosporioides* y *R. stonolifer* de 50% y 40% respectivamente utilizando el método de inmersión durante 20 minutos en aceite esencial de tomillo al 0,12% en frutas de papaya cv. Maradol. Sarkhosh et al. (2018) asperjaron sobre papayas cv. Red Lady aceite esencial de *Thymus daenensis* Celak. (tomillo), *Satureja khuzistanica* Jamzad. (ajedrea), *Mentha piperita* Willd. (menta), *Cinnamomum zeylanicum* Blume. (canela) y *Lavandula angustifolia* Mill. (lavanda) a concentraciones de 500, 1000 y 2000 ppm, obtuvieron como mejor resultado en el combate de antracnosis el aceite esencial de ajedrea de jardín y tomillo, logrando una reducción de severidad de 64,07% y 54,82% respectivamente. Salvador-Figueroa et al. (2017) evaluaron el uso de aceite esencial de canela al 1% y de tomillo al 1% en combinación con un recubrimiento de quitosano y observaron una reducción en un 50% de la incidencia de la antracnosis sobre papayas cv. Maradol. En esta investigación no se encontró una ganancia en eficacia al aplicar IAC+ extracto de tomillo al 1% en el combate de antracnosis, ya que este tratamiento mantuvo valores de incidencia y severidad superiores a solamente aplicar IAC (figura 10).

A nivel general los resultados obtenidos en este ensayo con respecto a las variables fitosanitarias no coinciden con las eficacias logradas en otras investigaciones, incluso cuando se han implementado sustancias alternativas como complemento con agua caliente. En el

caso del uso de cloruro de calcio, solo se observó un efecto positivo al aplicar esta sal posterior a la IAC en el combate de la pudrición peduncular, pero no de la antracnosis. Estos resultados no coinciden con los obtenidos por diferentes autores en la literatura. Zamora (2012) combinó la IAC (49°C 20 min) y la aplicación posterior de cloruro de calcio y redujo la incidencia y severidad de antracnosis en comparación del uso de los tratamientos por separado en frutas de papaya híbrido Pococí. El uso de concentraciones crecientes de esta sal redujo hasta en un 20 % (dosis de 3%) la severidad de daños ocasionados por patógenos sobre frutas de papaya (Mahmud et al. 2008). Ayón-Reyna et al. (2017) determinaron una disminución de hasta un 75% en la incidencia y de un 60% en la severidad de antracnosis al aplicar en la etapa pre-cosecha una dosis de 2% de cloruro de calcio en frutas de papaya cv. Eksotika II.

Es importante resaltar las investigaciones realizadas por Zamora (2012) y Corrales y Umaña (2015), en la primera se encontró un efecto sinérgico entre la inmersión en agua caliente durante 20 min a 49°C y la posterior aplicación de cloruro de calcio al 2% en la reducción de antracnosis (incidencia y severidad) comparado a solamente usar inmersión en agua caliente en papayas Híbrido Pococí. Corrales y Umaña (2015) utilizaron la inmersión en agua caliente (49°C 20 min) en combinación de quitosano al 0,1% en papaya Híbrido Pococí encontraron un leve efecto en comparación a no usar este recubrimiento en el control de antracnosis y pudrición peduncular.

Estos dos últimos ensayos resultan interesantes para la comparación, ya que las condiciones fueron muy similares a las del ensayo en cuestión, con respecto al uso de la misma variedad de papaya y metodologías, sin embargo difieren en el tratamiento de inmersión utilizado, siendo más corto y con una mayor temperatura en esta investigación (54°C 4 min) en comparación al tratamiento de 49°C 20 min utilizado por Zamora (2012) y Corrales y Umaña (2015). Otro posible factor por el cual las sustancias alternativas no promovieron un efecto de control marcado comparado a usar únicamente IAC fue el tiempo de inmersión en la sustancia alternativa, ya que para en este ensayo el tiempo de inmersión fue de 1 min y con base a investigaciones con resultados favorables en el combate de enfermedades en papaya, el tiempo de inmersión en la solución rondó entre 7 a 10 minutos (Mahmud et al. 2008 y Lata et al. 2018). Además de que el cloruro de calcio se puede agregar durante la inmersión en

agua caliente, llegando a estar expuesto a la fruta hasta por 20 minutos (Ayón-Reina et al. 2017). Este factor pudo reducir los efectos de las sustancias alternativas, aunque es importante resaltar que estos tiempos de inmersión son muy prolongados para su implementación en una empacadora de papaya. Por otra parte, Zamora (2012) no encontró diferencias en el aumento del tiempo de inmersión (1, 3 y 5 minutos) en distintas concentraciones (1%, 2% y 3%) de cloruro de calcio para el control de antracnosis.

Con respecto a las variables de calidad, los tratamientos IAC+ tomillo e IAC+ quitosano redujeron el desarrollo de color amarillo, luminosidad y cromaticidad durante el periodo de anaquel (cuadro 11). Estos resultados obtenidos en esta investigación coinciden con Bautista-Banños et al. (2003) quienes observaron un retraso en la maduración al aplicar extractos de plantas sobre frutas de papaya var. Maradol y con los mencionados por Salvador-Figueroa et al. (2017) cuando utilizaron quitosano y extractos de canela, tomillo y lima sobre frutas de papaya cv. Maradol y encontraron una reducción en las variables de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  en comparación al tratamiento químico y al testigo. El efecto de estos tratamientos en combinación con la inmersión en agua caliente producen un cambio en el metabolismo, en la actividad enzimática y sobre la maduración en la fruta, provocando cambios en variables como color (Hewajulige *et al.* 2009, Sellamuthu et al. 2013 y Romanazzi et al. 2016).

Para la variable pérdida de peso únicamente a la salida de frío los tratamientos IAC+ quitosano e IAC+ tomillo presentaron una mayor pérdida de peso (cuadro 10). En el caso de la variable tasa respiratoria, únicamente se presentaron diferencias posterior a la aplicación de los tratamientos, donde el quitosano obtuvo los valores menores en comparación a los demás tratamientos (figura 16). Esto sugiere una mayor actividad durante el periodo de almacenamiento de las frutas. En la literatura se menciona que ambos tratamientos de manera global tienen el efecto de ser inductores de resistencia (Mosch et al. 1993 y Romanazzi et al. 2016) por lo que esta actividad extra se podría deber a este factor, sin embargo no se obtuvieron diferencias en respiración en la evaluación de calidad anaquel (figura 17).

En cuanto a firmeza externa e interna el cloruro de calcio e inmersión en agua caliente mantuvieron mayor firmeza con respecto a los demás tratamientos durante el almacenamiento en frío. Durante el período de anaquel la IAC presentó los mayores valores,



por lo que el cloruro de calcio no tuvo aporte extra (figura 14 y 15). Propiamente el tratamiento con agua caliente es capaz de tener efectos sobre la firmeza (Zhao et al. 2013). Adicionalmente la aplicación de cloruro de calcio puede fortalecer la pared celular debido a la inclusión del calcio en la estructura de la pared celular y lámina media (Johnson y Berrie s.f., Valero y Serrano 2010). Lo anterior, se sugiere un mayor efecto de estos tratamientos sobre la firmeza de la fruta, lo cual se observó en los resultados de esta investigación, aunque sin diferenciarse de solamente la aplicación de IAC.

Respecto a los resultados obtenidos, se decidió escoger el tratamiento de quitosano para su uso en el ensayo 4 debido a su tendencia en la reducción del desarrollo de enfermedades con respecto al  $\text{CaCl}_2$  y tomillo, además por el efecto en la disminución de la tasa respiratoria posteriormente a la aplicación del tratamiento térmico y en la reducción de desarrollo de color.

#### **5.7. Ensayo 4: Inmersión en agua caliente en combinación de los mejores tratamientos**

En el cuadro 13 se muestra el resumen de las variables evaluadas en este ensayo y si se presentaron diferencias significativas entre tratamientos (análisis estadístico se observa en el anexo 15). Para el caso de las variables que no presentaron diferencias significativas en una o ambas evaluaciones, los resultados se encuentran en el apartado de anexos. Las variables que presentaron diferencias significativas se comentan a continuación.

Cuadro 13. Resumen de las diferencias significativas estadísticas entre tratamientos para las variables evaluadas en el ensayo 4.

Variables fitosanitarias	Diferencias significativas	
	Salida de cámara	10 ddsc
Incidencia moho pedúnculo	*	NS
Severidad moho pedúnculo	*	*
Incidencia pudrición peduncular	NS	NS
Severidad pudrición peduncular	NS	NS
Incidencia antracnosis	*	*
Severidad antracnosis	*	*
Variables de calidad		
Pérdida de peso	NS	NS
Color (L*, a*, b*, °Hue, C*)	L*, b*, C*: NS a*, °hue: *	L*, b*, C*: NS a*, °hue: *
Porcentaje color amarillo	*	*
Firmeza externa	NS	*
Firmeza interna	NS	*
Tasa respiratoria	*	NS
Grados Brix	NS	NS

\*: Con diferencias significativas, NS: Sin Diferencias significativas.

### 5.7.1. Variables fitosanitarias

El resumen de las variables fitosanitarias se puede observar en el cuadro 14. La variable moho en pedúnculo no superó 5% de incidencia en la salida de cámara, obteniendo el valor más bajo el tratamiento comercial ( $10 \pm 4$ ) y la más alta el tratamiento IAC+ quitosano ( $4 \pm 7$ ). Para la segunda evaluación ningún tratamiento se diferenció (incidencia 100%), por otra parte, la severidad fue mayor en los tratamientos IAC+ cera y IAC+ quitosano ( $0,8 \pm 0,02$ ) en la salida de cámara, sin embargo, este comportamiento cambió en la segunda evaluación en donde el tratamiento de la combinación (IAC+ quitosano+ cera) obtuvo la mayor severidad con  $40 \pm 5,7\%$ .

Únicamente en el tratamiento IAC+ cera no se presentó pudrición peduncular a la salida de cámara, sin embargo, a los 7 días después de salida de cámara, tanto este tratamiento como el tratamiento IAC+ quitosano+ cera obtuvieron la mayor incidencia  $90 \pm 9$  y  $90 \pm 7$

respectivamente. Con respecto a la severidad de esta variable en la primer evaluación fue baja no superando el 0,6%, sin embargo a los 7 días después de salida de cámara avanzó rápidamente en donde el tratamiento IAC+ quitosano+ cera obtuvo la mayor severidad con  $66,85 \pm 6,69\%$ .

En cuanto a la variable antracnosis, el mejor tratamiento para reducir su incidencia y severidad fue el testigo comercial. Este efecto se observó más marcadamente en la evaluación de 7 días después de salida de cámara en donde obtuvo menor incidencia ( $70 \pm 9$ ) en comparación de los tratamientos en donde se utilizaron sustancias y una severidad de  $3,5 \pm 0,7\%$ . Para esta última variable los tratamientos con sustancias y la combinación rondó entre 11 y 12% (cuadro 14).

Cuadro 14. Medias  $\pm$  error estándar de las variables de enfermedades en papaya híbrido Pococi durante las evaluaciones de salida de cámara y 7 días después de salida de cámara en los tratamientos aplicados. IMP: Incidencia moho pedúnculo, SMP: severidad moho pedúnculo, IPP: incidencia pudrición peduncular, SPP: severidad pudrición peduncular, IA: incidencia antracnosis, SA: severidad antracnosis, IAC: inmersión en agua caliente 54°C 4 min

Tratamiento	Evaluación											
	Salida de cámara					7 días después de salida de cámara						
	IMP	SMP	IPP	SPP	IA	SA	IMP	SMP	IPP	SPP	IA	SA
IAC+cera al 8%	30 $\pm$ 7	0,8 $\pm$ 0,2	0	0	50 $\pm$ 7	1,6 $\pm$ 0,4	1	23,4 $\pm$ 4,3	90 $\pm$ 9	51,56 $\pm$ 7,93	1	12,4 $\pm$ 2,5
IAC+ Quitosano al 1%	40 $\pm$ 7	0,8 $\pm$ 0,2	2 $\pm$ 2	0,9 $\pm$ 0,9	40 $\pm$ 7	1,4 $\pm$ 0,4	1	21,5 $\pm$ 3,9	60 $\pm$ 7	42,69 $\pm$ 7,02	1	11,6 $\pm$ 2,1
IAC+ Quitosano al 1% + Cera al 8 %	20 $\pm$ 6	0,4 $\pm$ 0,1	80 $\pm$ 7	0,6 $\pm$ 0,07	60 $\pm$ 7	1,6 $\pm$ 0,4	1	40 $\pm$ 5,7	90 $\pm$ 6	66,85 $\pm$ 6,69	1	11,9 $\pm$ 2,1
Tratamiento comercial	10 $\pm$ 4	0,4 $\pm$ 0,2	5 $\pm$ 3	0,3 $\pm$ 0,2	10 $\pm$ 5	0,4 $\pm$ 0,2	1	24,7 $\pm$ 5,5	70 $\pm$ 9	49,59 $\pm$ 8,76	70 $\pm$ 10	3,5 $\pm$ 0,07
Valor p	0,0136	0,0303	0,3323	0,3417	<0,0001	0,000	-	0,049	0,0801	01513	0,0001	0,0001

*Significancia estadística: valor p según prueba de Kruskal Wallis*

IMP: Incidencia moho en pedúnculo. SMP: Severidad moho en pedúnculo. IPP: Incidencia pudrición peduncular. SPP: Severidad pudrición peduncular. IA: Incidencia de antracnosis. SA: Severidad de antracnosis. IAC: Inmersión en agua caliente

### 5.7.2. Variables de calidad

Se determinó la calidad inicial de las frutas de papaya híbrido Pococí antes del ingreso a almacenamiento y se obtuvieron los siguientes valores: porcentaje de color amarillo de 10% por lo que se encuentra en el estado 1 de maduración (Salazar-Espinoza 2012), color externo  $L^*$  de 40,34,  $a^*$  de -5,63,  $b^*$  de 37,06,  $C^*$  de 98,70,  $^{\circ}\text{hue}$  de 38,23. La firmeza externa e interna rondó los 89 N y 78 N respectivamente, según la escala de maduración del híbrido Pococí las frutas se encontraban 4 N y 7 N por encima de los esperados para el estado 1 (Salazar-Espinoza 2012). Los grados brix se encontraban en 11,5, este valor se encuentra 0,5  $^{\circ}\text{brix}$  por encima de lo esperado en el estado 1 de maduración (Salazar-Espinoza 2012). El peso promedio de las frutas fue de 1264,4 gramos.

Dentro de las variables de calidad que presentaron diferencias significativas a la salida de cámara se encuentran  $a^*$ ,  $^{\circ}\text{hue}$  y porcentaje de desarrollo de color amarillo, se obtuvo para la primer evaluación que los tratamientos IAC+ quitosano y IAC+ quitosano+ cera presentaron valores menores de  $a^*$  (color más verde) y mayores de  $^{\circ}\text{hue}$  y menor porcentaje de color amarillo con respecto a los demás tratamientos (cuadro 15). Este comportamiento se mantuvo en la evaluación de 7 días después de salida de cámara a excepción del tratamiento comercial, el cual aumentó los valores de las variables  $a^*$  y  $^{\circ}\text{hue}$  respecto a la anterior evaluación. Respecto al porcentaje de color amarillo se mantuvo el comportamiento observado en la primer evaluación, los tratamientos IAC+ cera y testigo químico presentaron un mayor cambio a color amarillo de la cáscara de la fruta.

Cuadro 15. Medias  $\pm$  error estándar de las variables de color  $a^*$ ,  $^{\circ}$ hue y porcentaje de color amarillo en frutas de papaya híbrido Pococí durante las evaluaciones de salida de cámara y 7 días después de salida de cámara (7 ddsc) en los tratamientos aplicados.

Tratamiento	Evaluación					
	Salida de cámara			7 ddsc		
	$a^*$	$^{\circ}$ hue	% CA	$a^*$	$^{\circ}$ hue	% CA
IAC+ Cera al 8%	-2,95 $\pm$ 0,61 B	95,18 $\pm$ 0,94 A	38,33 $\pm$ 1,85 B	11,35 $\pm$ 0,79 B	78,69 $\pm$ 0,71 A	75,19 $\pm$ 2,24 B
IAC+ Quitosano al 1%	-4,08 $\pm$ 0,46 A	96,8 $\pm$ 0,74 B	33,7 $\pm$ 1,42 A	8,43 $\pm$ 1,01 A	81,79 $\pm$ 1,04 B	67,96 $\pm$ 2,17 A
IAC+ Quitosano al 1%+Cera al 8%	-4,20 $\pm$ 0,49 A	96,94 $\pm$ 0,82 B	31,39 $\pm$ 1,3 A	6,77 $\pm$ 0,94 A	83,39 $\pm$ 0,98 B	70,74 $\pm$ 2,21 A
Testigo comercial	-2,06 $\pm$ 0,71 B	93,8 $\pm$ 1,04 A	42,13 $\pm$ 1,75 B	9,43 $\pm$ 0,84 A	80,31 $\pm$ 0,82 B	77,41 $\pm$ 1,82 B

IAC: Inmersión en agua caliente 54°C 4 min. *Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).* %CA: % color amarillo

En cuanto a la variable firmeza externa e interna (figura 17 y 18), se observó que el tratamiento comercial tendió a mantener levemente una mayor firmeza en ambas evaluaciones en comparación de los otros tratamientos.

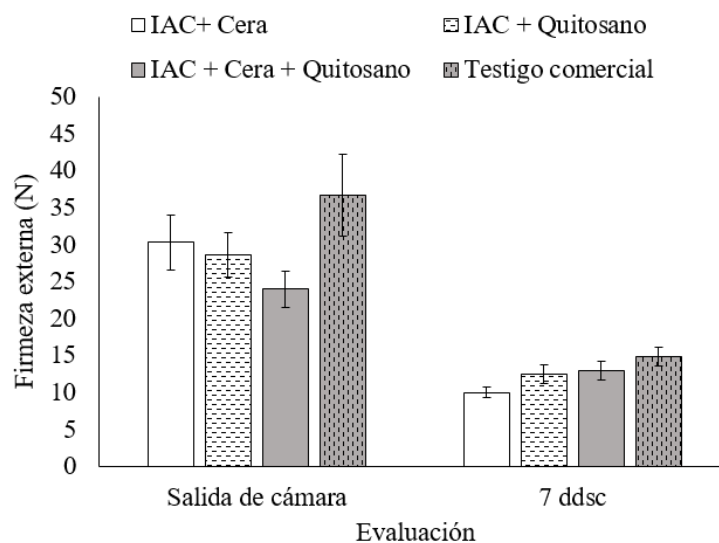


Figura 17. Firmeza externa en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones de calidad inicial, salida de cámara y 7 días después de salida de cámara (7 ddsc) en los tratamientos aplicados. *Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) según prueba de DGC. Barras corresponden a error estándar.*

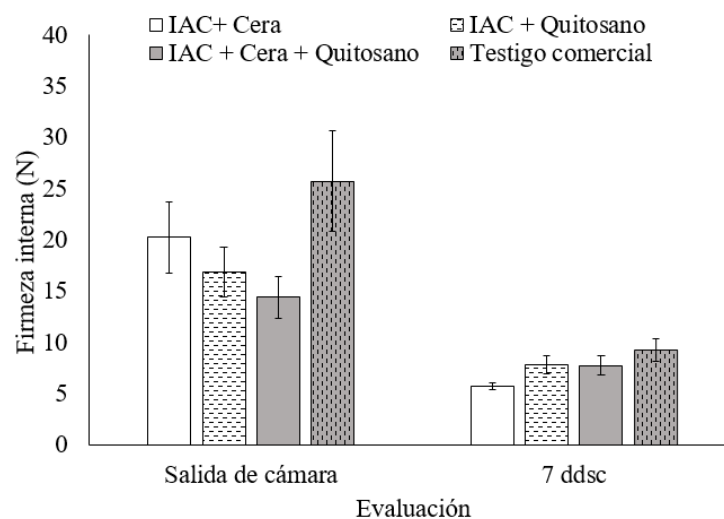


Figura 18. Firmeza interna en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones salida de cámara y 7 días después de salida de cámara (7 ddsc) en los tratamientos aplicados. *Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). Barras corresponden a error estándar.*

Con respecto a la tasa respiratoria de las frutas durante el desarrollo del ensayo se muestra en la figura 19, esta tendió a ser mayor en la primer y última evaluación probablemente debido al efecto de la temperatura y afectación de enfermedades. Únicamente se observaron diferencias significativas a la entrada a cámara en donde el tratamiento IAC +quitosano +cera tuvo una tasa respiratoria de  $16 \pm 0,74$  ml CO<sup>2</sup>/kg h por debajo de los demás tratamientos, en donde la tasa respiratoria varió entre 22,4 y 25,1 ml CO<sup>2</sup>/kg h.

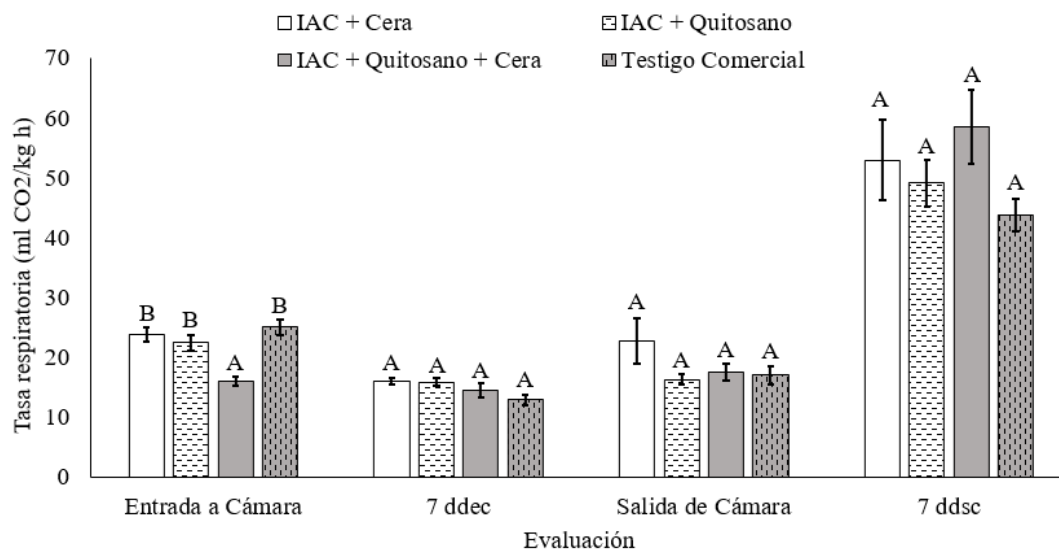


Figura 19. Tasa Respiratoria (mL CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>) en frutas de papaya híbrido Pococí durante las evaluaciones de entrada a cámara (EC), 7 días después de entrada a cámara (ddec), salida de cámara (SC) y 7 días después de salida de cámara (ddsc) en los tratamientos aplicados. *Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes (p>0,05) según prueba de DGC. Barras corresponden a error estándar.*

#### 5.8. Discusión ensayo 4: Inmersión en agua caliente en combinación de los mejores tratamientos

Con base a los resultados de los ensayos anteriores se planteó la realización de la investigación en cuestión para comprobar los resultados obtenidos con los mejores tratamientos en combinación con la inmersión en agua caliente (54°C 4 min). Además, para determinar si la combinación de estos mejores tratamientos presentaba un efecto sinérgico con respecto a prolongar la vida poscosecha de frutas de papaya híbrido Pococí, con énfasis en la disminución de los daños provocados por agentes patógenos y su efecto sobre la fisiología de la fruta. Con respecto a los resultados obtenidos en las variables fitosanitarias no se observaron diferencias significativas con respecto a las variables moho en pedúnculo y pudrición peduncular en la salida de cámara, sin embargo, en la variable antracnosis el tratamiento químico presentó los menores valores con respecto a los demás tratamientos en la incidencia y severidad. Algo importante de mencionar es que la combinación de los tratamientos quitosano y cera tendió a incrementar la incidencia de antracnosis. Por otra



parte, en la vida anaquel se obtuvieron diferencias entre los tratamientos, para la variable moho en pedúnculo esta se presentó en el 100% de las frutas, sin embargo, su severidad fue mayor en la combinación de tratamientos (IAC+ quitosano+ cera). Este comportamiento fue similar respecto a pudrición peduncular donde el tratamiento IAC+ quitosano+ cera presentó mayor severidad con respecto a los demás tratamientos. Para la variable antracnosis, el comportamiento observado en la primera evaluación continuó, obteniendo el tratamiento químico gran ventaja en el combate de esta enfermedad, reduciendo la incidencia y severidad con respecto a los demás tratamientos.

Se debe de tomar en cuenta que la fruta utilizada en cada ensayo tuvo diferentes condiciones a nivel de campo durante su desarrollo, según lo mostró la información de precipitación disponible en el Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica (2019) (anexo 19). La fruta del ensayo 2 (ceras) acumuló aproximadamente 1256,4 mm de lluvia, mientras que para las papayas de los ensayos 3 y 4 correspondió a 2153,4 y 2015 mm respectivamente (anexo 19). Esta diferencia de precipitación pudo haber favorecido una mayor afectación en el campo por parte de las enfermedades en la fruta al presentarse condiciones favorables para el patógeno. Lo anterior correlaciona con la variable antracnosis, sin embargo, para las variables moho en pedúnculo y pudrición peduncular no se observó esta relación.

Por otra parte, hubo una diferencia metodológica respecto a la inoculación en donde para el ensayo 4 se aplicó aproximadamente 3 cc suspensión de inóculo, debido a una percepción de fruta de mayor tamaño (peso promedio 1264 g) en comparación a la del ensayo 3 (peso promedio 1191 g). En el caso del ensayo 2, la papaya presentó un peso promedio de 1301 g, a pesar de esto se asperjó con 2 cc de suspensión de inóculo por fruta. Estas diferencias entre los volúmenes de inóculo aplicados provocaron una mayor presión de inóculo en el ensayo 4.

Por otra parte, en el ensayo 4 se decidió que era más conveniente la aplicación del tratamiento IAC+ quitosano+ cera mediante aspersion para buscar una mayor homogeneidad en su aplicación, ya que si se realizaba por inmersión, el sumergir inicialmente en la solución con quitosano y posteriormente sumergir en la solución de cera, podría darse un efecto de lavado o dilución del primer tratamiento. En los ensayos 2 y 3, ambas sustancias fueron aplicadas mediante inmersión. Solamente para la variable antracnosis, se observó una mayor

afectación en el ensayo 4 respecto a los ensayos 1,2 y 3, obteniendo el 100 % de incidencia y una diferencia de aproximadamente 9% y 4% respecto al ensayo 2 y 3 respectivamente. Una mayor presión de inóculo representó una mayor afectación de la enfermedad antracnosis, sin embargo, no observó este mismo efecto sobre el desarrollo del moho y pudrición peduncular.

Con relación a la combinación de técnicas para el control de patógenos poscosecha. Los resultados obtenidos concuerdan con Morganna Eskálath et al. (2018), ya que no obtuvieron un efecto sinérgico al combinar bicarbonato de sodio y la levadura *Anthracoystis grodzinskae* en el control de antracnosis en frutas de papaya, encontraron un efecto mayor al usar las estrategias por separado. En contraste a lo obtenido por Gamagae et al. (2004) en donde al combinar bicarbonato de sodio y *Candida oleophila* en un recubrimiento obtuvieron un 50% más de efectividad en el control de antracnosis con respecto a los tratamientos aplicados individualmente. Al igual Ali et al. (2016) cuando combinaron extracto y aceite esencial de jengibre con una base de goma arábica obtuvieron el mayor efecto fungistático a nivel *in-vitro* con el tratamiento en que se utilizó ambas sustancias sobre germinación de esporas y crecimiento de *C. gloeosporioides*, sin embargo este efecto no se observó al utilizar los mismos tratamientos sobre frutas de papaya cv. Eksotika II.

Por otra parte, el uso de recubrimientos a base de quitosano en combinación con otras alternativas ha dado resultados importantes en el control de daños patológicos en papaya. Vázquez-Ovando et al. (2018) en frutas de papaya var. Maradol combinaron el uso del recubrimiento de quitosano con diferentes aceites esenciales (clavo, tomillo, y lima) y radiación UV-C (dosis de 0,97 kJ\*m<sup>-2</sup>-2,88 kJ\*m<sup>-2</sup>) logrando una reducción en la incidencia de antracnosis menores de 25% durante 9 días (tratamiento 10 mL L<sup>-1</sup> de aceite esencial de clavo y 10 mL L<sup>-1</sup> de aceite esencial de tomillo y una dosis de irradiación UV-C de 2.88 kJ m<sup>-2</sup>), sin embargo con el uso de las otras combinaciones no se registró un beneficio extra en el combate de la enfermedad debido al posible efecto de susceptibilización de los tejidos la fruta. Bautista-Banõs et al. (2003) no observaron efectos sinérgicos en la combinación de quitosano y extractos de plantas (hoja de anona, hoja de papaya y semillas de papaya) sobre el control de antracnosis a nivel *in-vitro* y sobre frutas de papaya var. Maradol y llegaron a la conclusión que no se logra ningún beneficio el añadir una alternativa extra (extracto de plantas). Sivakumar et al. (2005) observaron una reducción en la incidencia de antracnosis de

hasta un 85% al combinar quitosano con carbonato de amonio y carbonato de sodio sobre papayas cv. Ratna.

Con base a literatura, se puede concluir que la combinación de tratamientos puede tener efectos variables en el combate de patógenos poscosecha debido a los distintos efectos que se pueden dar sobre el producto en que se estudia, es por esto que se debe de entender las interacciones entre las alternativas utilizadas. Con respecto al quitosano dentro de los mecanismos más importantes en su interacción sobre agentes biológicos se encuentra el efecto electrostático entre el quitosano y la membrana celular del microorganismo ya que el quitosano presenta una naturaleza catiónica que afecta su integridad y permeabilidad, por su estructura le es posible quelatar nutrientes y metales esenciales afectando el crecimiento del microorganismo, además produce daño al material celular inhibiendo la síntesis de proteínas y ARN mensajero (Agnihotri et al. 2004 y Hosseinnejad y Jafari 2016). Conociendo su posible mecanismo de acción se sugiere que la cera utilizada en esta investigación (a base de carnauba) interacciona con la naturaleza catiónica del quitosano reduciendo su capacidad antimicrobiana ante el patógeno *Colletotrichum* spp., incluso llegando a obtener resultados más negativos que solamente utilizar la cera (en las variables severidad moho pedúnculo y severidad pudrición peduncular en la segunda evaluación). Un punto de importancia a tomar en cuenta es el pH de las sustancias aplicadas (cuadro 1, 2 y 3). La modificación de este factor puede tener consecuencias en enfermedades ya que el género *Colletotrichum* se ha clasificado como un hongo que alcaliniza el medio debido a la acumulación de amonio generando un incremento del pH (Prusky et al. 2013). La cera y la combinación de quitosano+ cera presentaban un pH más ácido de 3,15 y 3,55 respectivamente mientras que el quitosano un pH de 4,69, a pesar de lo anterior se observó un mejor combate de antracnosis por parte de los tratamientos IAC+ quitosano e IAC+ cera, por lo que un pH más ácido en este caso no correspondió a una mejora en el combate del patógeno.

En cuanto a variables de calidad, el color de forma cualitativa y cuantitativa fue afectado por los tratamientos en donde los tratamientos IAC+ quitosano y IAC+ quitosano+ cera redujeron el avance de color amarillo (cuadro 13). Con respecto a la firmeza externa e interna el tratamiento comercial fue que tendió a mantener la firmeza en valores mayor respecto a los demás tratamientos, además se observó una reducción en la tasa respiratoria al combinar la

cera y quitosano posterior a la aplicación de agua caliente respecto a los demás tratamientos, sin embargo no se observó este patrón durante el almacenamiento y la condición anaquel.

Debido a que las sustancias cera y quitosano son de naturaleza similar al formar una película sobre la superficie en donde se aplican, su uso presenta efectos en procesos fisiológicos como intercambio gaseoso, respiración y maduración (Castricini 2009, Almeida et al. 2011, Corrales y Umaña 2015 y Nascimento et al. 2018). Esto puede explicar la reducción en el avance de color amarillo por parte del tratamiento IAC+quitosano e IAC+cera + quitosano y la reducción en la respiración por parte de este último tratamiento, lo que coincide con los resultados obtenidos por Castricini (2009), Corrales y Umaña (2015), Khaliq et al. (2015) y Sivakumar et al. (2016).

Salvador-Figueroa et al. (2017) encontraron efectos sobre respiración y color utilizando distintos tipos de recubrimientos sobre frutas de papaya. La respiración antes del almacenamiento obtenida en los tres ensayos en la cual se combinó IAC + sustancias (ceras, quitosano, cloruro de calcio y extracto de tomillo) rondó entre valores de 13,1 a 24 ml kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> de CO<sup>2</sup> valores superiores a los obtenidos por Umaña et al. (2011) quienes observaron valores de entre 6,5 a 13,33 ml kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> de CO<sup>2</sup> en papayas híbrido Pococí en tres grados distintos de maduración (G0, G1 y G2) sin tratamiento térmico en la misma etapa. Sin embargo, es importante mencionar que en esta investigación, se aplicó un tratamiento extra a las papayas, que de manera general tienden a reducir la actividad en la fruta como lo son las ceras y el quitosano, por lo que se observa un efecto en el aumento de la respiración al aplicar IAC a 54°C durante 4 minutos.

Comparando los resultados obtenidos a la salida de cámara (almacenados a 14°C) con los de Umaña et al. (2011), se observaron valores entre 21 y 30 ml kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> de CO<sup>2</sup> en papayas con diferentes grados de maduración antes de entrar al almacenamiento y en esta investigación a nivel general la respiración de las papayas cuando se les aplicó IAC+ sustancia alternativa posterior a su almacenamiento a 14°C rondó entre 9 y 22 ml kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> de CO<sup>2</sup>, por lo que se observa un efecto por parte de los tratamientos en esta etapa de almacenamiento.

Por otra parte, los resultados no coinciden con los obtenidos por Corrales y Umaña (2015), donde al utilizar IAC (49°C 20 min) y en combinación con diferentes ceras en papayas

híbrido Pococí, observaron una disminución en la tasa respiratoria a la entrada a cámara con una tasa respiratoria que rondó entre 5,1 y 9,7 kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> de CO<sup>2</sup> en los tratamientos con IAC y cera. Estos valores son menores a los obtenidos en esta investigación, a pesar de que el tratamiento utilizado fue de mayor tiempo e incluso posterior a la salida de cámara. Además, Corrales y Umaña (2015) determinaron valores que no superaron los 30 kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> de CO<sup>2</sup> a diferencia de esta investigación donde se observó a nivel general de 30 a 60 kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> de CO<sup>2</sup> en la calidad anaquel de la papaya. Esto se puede deber al estrés provocado por el inóculo aplicado a la fruta en esta investigación que aceleró el proceso de respiración.

Con respecto a la firmeza, a pesar del efecto del tratamiento térmico en reducir la actividad de las enzimas que degradan la pared celular y su efecto en la maduración de la fruta combinado con el mismo efecto de los recubrimientos (Hewajulige et al. 2009, Li et al. 2013 y Zhao et al. 2013) el tratamiento químico tendió a reducir el ablandamiento de los tejidos de las frutas más pronunciadamente en comparación a los demás tratamientos debido probablemente a su mejor combate de las variables fitosanitarias lo que afectó en menor proporción la integridad de la fruta.

## **6. Conclusiones**

- La inmersión en agua caliente a 54°C durante 4 minutos o 50°C durante 10 minutos reduce la incidencia y severidad de moho en pedúnculo, pudrición peduncular y de la antracnosis en papaya híbrido Pococí
- El tratamiento de inmersión en agua caliente a 54°C durante 4 minutos podría ser de más fácil implementación a nivel comercial en comparación al tratamiento 50°C durante 10 minutos.
- La inmersión en agua caliente no afectó las variables de calidad color externo, firmeza y °brix.
- La inmersión en agua caliente (54°C 4 min) en combinación con tres tipos de ceras a dos dosis distintas no aportó ventajas con respecto a la disminución de enfermedades en comparación a solamente utilizar inmersión en agua caliente.

- La firmeza externa e interna, color, tasa respiratoria y °brix no fueron afectadas significativamente por el tratamiento inmersión en agua caliente 54°C 4 min + ceras con respecto al tratamiento inmersión en agua caliente 54°C 4 min.
- Los tratamientos inmersión en agua caliente 54°C 4 min + cloruro de calcio al 2,5% e inmersión en agua caliente 54°C 4 min + quitosano al 1% inhibieron la incidencia y severidad de la pudrición peduncular durante el almacenamiento en frío a 14°C.
- El avance de color amarillo en la fruta fue retrasado por los tratamientos inmersión en agua caliente 54°C 4 min + tomillo al 1% e inmersión en agua caliente + quitosano al 1%.
- Los tratamientos inmersión en agua caliente 54°C 4 min + cloruro de calcio al 2,5% y la inmersión en agua caliente 54°C 4 min mantuvieron una mayor firmeza de la fruta durante el periodo de almacenamiento a 14°C.
- Los tratamientos inmersión en agua caliente 54°C 4 min complementados con cera o con quitosano al 1% redujo la severidad de moho en pedúnculo y pudrición peduncular.
- No se presentó un efecto sinérgico con la combinación de los tratamientos inmersión en agua caliente + quitosano + cera con respecto al combate de enfermedades.
- El tratamiento químico presentó un mejor combate de las enfermedades y un mayor efecto sobre la variable firmeza, manteniendo los mayores valores con respecto a los demás tratamientos.
- El tratamiento inmersión en agua caliente 54°C 4 min + cera+ quitosano presentó una reducción en la tasa respiratoria inmediatamente después de su aplicación.
- El avance de color amarillo fue retrasado por los tratamientos inmersión en agua caliente 54°C 4 min + quitosano al 1% e inmersión en agua caliente 54°C 4 min + cera+ quitosano.

## 7. Recomendaciones

- Investigar si se encuentran beneficios al aplicar mediante el método inmersión, alguna de las tres ceras utilizadas en combinación con el extracto de tomillo al 1%.
- Determinar mediante una investigación la efectividad de la inmersión de la papaya en otras dosis de quitosano como 0,5%, 1,5%, 2% o 3% sobre las enfermedades y la calidad en frutas de papaya híbrido Pococí.
- Explorar nuevas formulaciones de quitosano presentes en el mercado y su dosis sobre el combate de las enfermedades de la papaya.
- Comparar los métodos de aplicación por aspersión o inmersión de las sustancias alternativas quitosano, cloruro de calcio, extracto de tomillo y ceras en las dosis utilizadas en esta investigación sobre las enfermedades y calidad de frutas de papaya híbrido Pococí.
- Investigar el efecto de aplicar las sustancias alternativas extracto de tomillo, cloruro de calcio o quitosano antes de sumergir las frutas en inmersión en agua caliente sobre el combate de la antracnosis y calidad de frutas de papaya

## 8. Bibliografía

- Acosta, S; Chiralt, A; Santamarina, P; Rosello, J; Gonzalez-Martínez, C; Cháfer, M. 2016. Antifungal films based on starch-gelatin blend, containing essential oils. *Food Hydrocolloids*, 61:233-240.
- Agnihotri, SA; Mallikarjuna, NN; Aminabhavi, TM. 2004. Recent advances on chitosan-based micro-and nanoparticles in drug delivery B. *Journal of Controlled Release*, 100: 5-28.
- Ali, A; Hei, KG; Hei, K; Keat, YW. 2016. Efficacy of ginger oil and extract combined with gum arabic on anthracnose and quality of papaya fruit during cold storage. *Journal of Food Science and Technology*, 53(3): 1435-1444.
- Ali, A; Noh, NM; Mustafa, MA. 2015. Antimicrobial activity of chitosan enriched with lemongrass oil against anthracnose of bell pepper. *Food Packaging and Shelf Life*, 3: 56-61.
- Almeida, A; Reis, J; Santos, D; Vieira, T; Costa, M. 2011. Estudio de la conservación de la papaya (*Carica papaya* L.) asociado a la aplicación de películas comestibles. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 2(1): 49-60.

- Altendorf, S. 2017. Perspectivas mundiales de las principales frutas tropicales (en línea, sitio web). Consultado 6 mar. 2019. Disponible en [http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM\\_MARKETS\\_MONITORING/Tropical\\_Fruits/Documents/Tropical\\_Fruits\\_Spanish2017.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Tropical_Fruits/Documents/Tropical_Fruits_Spanish2017.pdf).
- Alvarez, AM; Nishijima, WT. 1987. Postharvest Diseases of Papaya. *Plant Disease*, 71(8): 681-686.
- Ávila-de Hernández, RM; González-Torrivilla, CC. 2011. Nota técnica: La evaluación sensorial de bebidas a base de fruta: Una aproximación difusa. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 15(60):171-182.
- Ayón-Reyna, LE; González-Robles, A; Rendón-Maldonado, JG; Báez-Flores, ME; López-López, ME; Vega-García, MO. 2017. Application of a hydrothermal-calcium chloride treatment to inhibit postharvest anthracnose development in papaya. *Postharvest Biology and Technology*, 124: 85-90.
- Baroncelli, R; Talhinhos, P; Pensec, F; Sukno, SA; Floch, G Le; Thon, MR. 2017. The *Colletotrichum acutatum* Species Complex as a Model System to Study Evolution and Host Specialization in Plant Pathogens. *Frontiers in Microbiology*, 8:1-7.
- Barquero, M; Peres, NA; Arauz, LF. 2013. Presencia de *Colletotrichum acutatum* y *Colletotrichum gloeosporioides* en helecho hoja de cuero, limón criollo, papaya, carambola y mango en Costa Rica y Florida (Estados Unidos). *Agronomía Costarricense*, 37(1):23-38.
- Barrera, EB; Gil, ML; García, CMP; Durango, DLR; Gil, JHG. 2012. Empleo de un Recubrimiento Formulado con Propóleos para el Manejo Poscosecha de Frutos de Papaya (*Carica papaya* L. cv. Hawaiana). *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*, 65(1): 6497-6506.
- Bautista-Banões, S; Hernández-López, M; Bosquez-Molina, E; Wilson, CL. 2003. Effects of chitosan and plant extracts on growth of *Colletotrichum gloeosporioides*, anthracnose levels and quality of papaya fruit. *Crop Protection*, 22: 1087-1092.
- Bautista-Baños, S; Ventura-Aguilar, RI; Correa-Pacheco, Z; Corona-Rangel, ML. 2017. Chitosan: a versatile antimicrobial polysaccharide for fruit and vegetables in postharvest—a review. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 23(2): 103-121.
- Beckman, CH. 2000. Phenolic-storing cells: keys to programmed cell death and periderm formation in wilt disease resistance and in general defence responses in plants? *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 57: 101-110.
- Berry, A; Sargent, S; AC, C. 2004. Annual meeting of the Florida State Horticultural Society. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 117: 389-391.



- Bogantes, A; Mora, E; Umaña, G; Loría, CL. 2011. Guía para el cultivo de la papaya en Costa Rica. San José, Costa Rica, MAG/UCR/INTA, 59 p.
- Bokshi, AI; Morris, SC; Li, A; Cosan, F; Mcdonald, K; Mcconchie, R. 2006. Evaluation of conventional fungicides, heat treatment and safe compounds in hot solutions for the control of postharvest diseases of melons. International Symposium on Harnessing the Potential of Horticulture in the Asian-Pacific Region, Acta Horticulturae, 694:411-415.
- Bosquez-Molina, E; Jesús, ER; Bautista-Baños, S; Verde-Calvo, JR; Morales-López, J. 2010. Inhibitory effect of essential oils against *Colletotrichum gloeosporioides* and *Rhizopus stolonifer* in stored papaya fruit and their possible application in coatings. Postharvest Biology and Technology, 57(2): 132-137.
- Cai, L; Hyde, K; Taylor, P; Weir, B; Waller, J; Abang, M; Zhang, J; Yang, Y; Phoulivong, S; Liu, Z; Prihastuti, H; Shivas, R; Mckenzie, E; Johnston, P. 2009. A poliphasic approach for studying *Colletotrichum*. Fungal Diversity 39:183-204.
- Castricini, A. 2009. Aplicação de Revestimentos Comestíveis para Conservação de Mamões (*Carica papaya* L.) 'Golden'. Tesis Ph.D.UFRRJ, Rio de Janeiro, Br., Univerddidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 106 p.
- Castro, Z. 1991. Papaya (*Carica papaya*). In: Aspectos tecnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agricolas de Costa Rica. San José, Costa Rica, D.I.A. Ministerio de Agricultura y Ganadería, 560 p.
- Chávez-Sánchez, I; Carrillo-López, A; Vega-García, M; Yahia, EM. 2013. The effect of antifungal hot-water treatments on papaya postharvest quality and activity of pectinmethylesterase and polygalacturonase. Journal of Food Science and Technology, 50(1): 101-107.
- Chirawut, B; Chinaphuti, A. 2013. Evaluation of GRAS compounds for the control of crown rot disease of banana "Hom Thong". I International Conference on Postharvest Pest and Disease Management in Exporting Horticultural Crops, Acta Horticulturae, 973:125-130.
- Corrales, VG; Umaña, G. 2015. Efecto de ceras como complemento a la inmersión hidrotérmica sobre la calidad en la fruta de papaya (*Carica papaya* L. híbrido Pococí). Agronomía Costarricense, 39(1): 91-105.
- Dantas, SA; Oliveira, SM; Michereff, SJ; Nascimento, LC; Gurgel, LM; Pessoa, WR. 2003. Doenças Fúngicas Pós-Colheita em Mamões e Laranjas Comercializados na Central de Abastecimento do Recife. Fitopatologia Brasileira, 28(5): 528-533.
- De Azevedo, R; De Mattos, Y; Melges, J. 2007. Qualidade do mamão cv. Solo submetido ao choque térmico e tratamento quarentenário por radiação gama. Revista Brasileira de Fruticultura, 29(3): 483-487.

- De Silva, DD; Crous, PW; Ades, PK; Hyde, KD; Taylor, PWJ. 2017. Life styles of *Colletotrichum* species and implications for plant biosecurity. *Fungal Biology Reviews*, 31:155-168.
- Dinah, P; Oliveira, L; Árabe, K; Oliveira, R De; Anderson, W; Paz, M; Câmara, S; Leite, E; Souza, D. 2018. Control of anthracnose caused by *Colletotrichum* species in guava , mango and papaya using synergistic combinations of chitosan and *Cymbopogon citratus* (D.C. ex Nees ) Stapf. essential oil. *International Journal of Food Microbiology*, 266: 87-94.
- Dotto, GL; Vieira, MLG; Pinto, LAA. 2015. Use of chitosan solutions for the microbiological shelf life extension of papaya fruits during storage at room temperature (en línea). *LWT - Food Science and Technology*, 64(1):126-130.
- Dou, H; Johnson, P; Kohout, PM; Sargent, AS; Ritenour, AM. 2006. BASF FRESHSEAL® Post-harvest coating reduces shrivel and decay of tomato (*Solanum lycopersicum*). *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 119: 320-322.
- Durán, JA; Mora, D. 1987. Variabilidad en la sintomatología de la antracnosis (*Colletotrichum* sp.) en papaya durante el periodo postcosecha en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 11(2): 155-161.
- Fallik, E. 2004. Prestorage hot water treatments (immersion, rinsing and brushing). *Postharvest Biology and Technology*, 32(2): 125-134.
- French, EB; Hebert, TT. 1982. *Métodos de Investigación Fitopatológica*. 1a. ed San José, Costa Rica, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 290 p.
- Gamagae, SU; Sivakumar, D; Wijesundera, RLC. 2004. Evaluation of post-harvest application of sodium bicarbonate-incorporated wax formulation and *Candida oleophila* for the control of anthracnose of papaya. *Crop Protection*, 23(7): 575-579.
- Gómez, JC; Umaña, G; Loría, CL. 2008. Maduración de Frutos de Papaya Híbrido Pococí (Mercado Nacional y de Exportación). MAG y FITTACORI. 6 pp.
- Gutiérrez, JG; Gutiérrez Alonso, O; Daniel, NA; Téliz Ortiz, D; Zavaleta Mejía, E; Delgadillo, Sánchez, F. 2004. Manejo integrado de la antracnosis [*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. y Sacc .] del mango (*Mangifera indica* L.) durante la postcosecha. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 22(3): 395-402.
- Guzmán, GA. 1998. Guía para el cultivo de papaya *Carica papaya* L. 1 ed. San José, Costa Rica, s.e., 74 p.
- Henriod, R; Diczbalis, Y; Sole, D; Stice, K; Tora, L. 2016. Investigation into various fungicides and alternative solutions for controlling postharvest diseases in papaya fruit. XXIX International Horticultural Congress on Horticulture: Sustaining Lives,

- Livelihoods and Landscapes (IHC2014): IV International Symposium on Papaya, VIII International Pineapple Symposium, and International Symposium on Mango, 1111: 113-118.
- Hewajulige, IG; Sivakumar, D; Sultanbawa, Y; Wijeratnam, RSW; Wijesundera, RLC. 2007. Effect of chitosan coating on the control of anthracnose and overall quality retention of papaya (*Carica papaya* L.) during storage. *Acta Horticulturae*, 740: 245-250.
- Hewajulige, IG; Sultanbawa, Y; Wijeratnam, SW; Wijesundara, RL. 2009. Mode of action of chitosan coating on anthracnose disease control in papaya. *Phytoparasitica*, 37(5): 437-444.
- Hosseinnejad, M; Jafari, SM. 2016. Evaluation of different factors affecting antimicrobial properties of chitosan. *International Journal of Biological Macromolecules*, 85: 467-475.
- Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica. 2019(en línea, sitio web). Boletín meteorológico mensual. Consultado el 14/3/2019. Disponible en <https://www.imn.ac.cr/boletin-meteorologico>
- Jiang, T; James, R. 2014. Chitosan as a Biomaterial: Structure, Properties, and Applications in Tissue Engineering and Drug Delivery. *Natural and Synthetic Biomedical Polymers*. 1 ed. San Diego, EEUU, Elsevier, 91-113 p.
- Jiang, X; Lin, H; Shi, J; Neethirajan, S; Lin, Y; Chen, Y; Wang, H; Lin, Y. 2018. Effects of a novel chitosan formulation treatment on quality attributes and storage behavior of harvested litchi fruit. *Food Chemistry*, 252: 134-141.
- Johnson, DS; Berrie, AM. s. f. A review of the effect of calcium on fruit quality and susceptibility to rotting and on fungal growth and development. Defra project OF0376, 15.
- Kader, AA. 2002. Postharvest technology of horticultural crops. 3a ed. California, EEUU, University of California, Agriculture and Natural Resources, 535 p.
- Kechinski, CP; Montero, CRS; Guimarães, PVR; Noreña, CPZ; Marczak, LDF; Tessaro, IC; Bender, RJ. 2012. Effects of ozonized water and heat treatment on the papaya fruit epidermis. *Food and Bioproducts Processing*, 90(2): 118-122.
- Khaliq, G; Tengku, M; Mohamed, M; Ali, A; Ding, P; Ghazali, M. 2015. Effect of gum arabic coating combined with calcium chloride on physico-chemical and qualitative properties of mango (*Mangifera indica* L.) fruit during low temperature storage. *Scientia Horticulturae*, 190: 187-194.
- Khor, E; Yong-Lim, L. 2003. Implantable applications of chitin and chitosan. *Biomaterials*, 24: 2339-2349.

- Kittermann, D; Neuwald, D; Streif, J. 2010. GRAS methods as a possible control of post-harvest fungal diseases in sweet cherry. III International Conference Postharvest Unlimited 2008, Acta Horticulturae, 858:363-368.
- Konica Minolta. 2007. Precise color communication color control from perception to instrumentation. Osaka, Japón, Consultado 5 oct. 2018. Disponible en [https://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/pdf/color\\_communication.pdf](https://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/pdf/color_communication.pdf)
- Lal, P; Singh, I; Choudhary, R. 2015. Papaya: Biology, Cultivation, Production and Uses. 1 ed. Boca Raton, EEUU, CRC Press, 257 p.
- Lata, D; Aftab, MA; Homa, F; Ahmad, MS; Siddiqui, MW. 2018. Effect of eco-safe compounds on postharvest quality preservation of papaya (*Carica papaya* L.). Acta Physiologiae Plantarum, 40(1): 8.
- Lee, J. 2015. Sorbitol, Rubus fruit, and misconception. Food Chemistry, 166: 616-622.
- Leyva, N; Heredia, JB; Contreras, L; Dolores, M; Campos, J; González, I. 2011. Sales de calcio mejoran vida de anaquel y aceptabilidad general de papaya (*Carica papaya* L. var. Maradol) fresca cortada. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos, 2(1): 1-15.
- Li, X; Zhu, X; Zhao, N; Fu, D; Li, J; Chen, W; Chen, W. 2013. Effects of hot water treatment on anthracnose disease in papaya fruit and its possible mechanism. Postharvest Biology and Technology, 86: 437-446.
- Lurie, S; Mitcham, E. 2007. Physiological responses of agriculture commodities to heat treatments. Heat treatments for postharvest pest control : theory and practice. EEUU, CABI International, 349 p.
- Lurie, S; Pedreschi, R. 2014. Fundamental aspects of postharvest heat treatments. Horticulture Research, 1: 1-7.
- Mahmud, T; Raqeeb Al Eryani, A; Syed, OS; Zaki, MA; Eryani, AR. 2008. Effects of Different Concentrations and Applications of Calcium on Storage Life and Physicochemical Characteristics of Papaya (*Carica Papaya* L.). American Journal of Agricultural and Biological Sciences, 3(3): 526-533.
- Mari, M; Bautista-Baños, S; Sivakumar, D. 2016. Decay control in the postharvest system: Role of microbial and plant volatile organic compounds. Postharvest Biology and Technology, 122: 70-81.
- Marin, D; Grau, Y; Chacón, A. 2015. Propiedades y susceptibilidad de la fruta bomba (*Carica papaya* L.) en la poscosecha. Centro Agrícola, 42(1): 23-29.
- Medeiros, BG de S; Pinheiro, AC; Teixeira, JA; Vicente, AA; Carneiro-da-Cunha, MG. 2012. Polysaccharide/Protein Nanomultilayer Coatings: Construction,

Characterization and Evaluation of Their Effect on 'Rocha' Pear (*Pyrus communis* L.) Shelf-Life. Food and Bioprocess Technology, 5(6): 2435-2445.

- Mohammadi, A; Hashemi, M; Hosseini, SM. 2015. The control of Botrytis fruit rot in strawberry using combined treatments of Chitosan with *Zataria multiflora* or *Cinnamomum zeylanicum* essential oil. Journal of Food Science and Technology, 52(11): 7441-7448.
- Molina-Chaves, A; Gómez-Alpizar, L; Umaña-Rojas, G. 2017. Identificación de especies del género *Colletotrichum* asociadas a la antracnosis en papaya (*Carica papaya* L.) en Costa Rica. Agronomía Costarricense, 41(1): 69-80.
- Mora, E; Bogantes, A. 2004. Evaluación de híbridos de papaya (*Carica papaya* L.) en Pococí, Limón, Costa Rica. Agronomía Mesoamericana, 15(1): 39-44.
- Morganna Eskálath, SF; Martins Malta, C; Oliveira Bicalho, J; Sanzio Pimenta, R. 2018. A safe method to control the anthracnose in papaya. Resvista brasileira de fruticultura, 40(3): 1-6.
- Morton, T. 1987. Papaya. In: Fruits of warm climates. Miami, FL, U.S.A. Consultado 22 sep. 2018. Disponible en [https://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/papaya\\_ars.html](https://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/papaya_ars.html)
- Mosch, J; Mende, A; Zeller, W; Rieck, M; Ullrich, W. 1993. Plant extracts with a resistance induction effect against fire blight (*Erwinia amylovora*). VI International Workshop on Fire Blight, Acta Horticultura, 338:389-396.
- Nascimento, F V.; Almeida, GK; Silva, SJN; Bender, RJ. 2018. Coatings based on chitosan and carnauba wax for postharvest use on 'Rocha' pears. VIII International Postharvest Symposium: Enhancing Supply Chain and Consumer Benefits - Ethical and Technological Issues, 1194: 283-287.
- Navarro, JR; Arauz, LF. 1999. Exactitud y repetibilidad de dos métodos para la evaluación de la severidad de enfermedades fungosas en el fruto de la papaya (*Carica papaya*). Agronomía Costarricense, 23(1): 89-96.
- Palma-Guerrero, J; Huang, I; Jansson, H; Salinas, J; Lopez-Llorca, L; Read, N. 2009. Chitosan permeabilizes the plasma membrane and kills cells of *Neurospora crassa* in an energy dependent manner. Fungal Genetics and Biology, 46(8): 585-594.
- Palou, L; Moscoso-Ramírez, PA; Montesinos-Herrero, C. 2018. Assessment of optimal postharvest treatment conditions to control green mold of oranges with sodium benzoate. VIII International Postharvest Symposium: Enhancing Supply Chain and Consumer Benefits - Ethical and Technological Issues, 1194: 221-225.
- Palou, L; Perez-Gago, MB; Valencia-Chamorro, SA. 2014. Edible composite coatings formulated with antifungal GRAS compounds: A novel approach for postharvest preservation of fresh citrus fruit. Acta Horticulturae, 1053:143-150.

- Pardo-De la Hoz, CJ; Calderón, C; Rincón, AM; Cárdenas, M; Danies, G; López-Kleine, L; Restrepo, S; Jiménez, P. 2016. Species from the *Colletotrichum acutatum*, *Colletotrichum boninense* and *Colletotrichum gloeosporioides* species complexes associated with tree tomato and mango crops in Colombia. *Plant Pathology*, 65(2):227-237.
- Park, H. 2012. Edible Coatings and Films to Improve Food Quality. Coatings for fresh fruits and vegetables. 2 ed. EEUU, Taylor & Francis Group, 6: 185-242 p.
- Pavlat, A.; Orts, W. 2009. Edible Films and Coatings: Why, What, and How? Edible films and coatings for food applications. New York, Springer: 403 p.
- Perfect, SE; Bleddyn Hughes, H; O'connell, RJ; Green, JR. 1999. *Colletotrichum*: A Model Genus for Studies on Pathology and Fungal-Plant Interactions. *Fungal Genetics and Biology*, 27: 186-198.
- Potton, S; Cullum, J. 2012. Development of a practical method to evaluate the efficacy of potassium sorbate as a germination inhibitor of *Penicillium digitatum* conidia for potential use in the citrus supply chain. XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium on Postharvest Technology in the Global Market, 934: 327-334.
- Prusky, D; Alkan, N; Mengiste, T; Fluhr, R. 2013. Quiescent and Necrotrophic Lifestyle Choice During Postharvest Disease Development. *Annual Review of Phytopathology*, 51(1): 155-176.
- Rahman, M; Mahmud, M; Kadir, J; Abdul, R; Begum, M. 2008. Antimicrobial activities of chitosan and calcium chloride on in vitro growth of *Colletotrichum gloeosporioides* from Papaya. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 31(2): 223-232.
- Ritenour, AM; Johnson, P; Kohout, PM; Dou, H. 2006. FRESHSEAL® CHC Reduces shrivel and decay of pepper (*Capsicum annum*). *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 119: 317-319.
- Romanazzi, G; Lichter, A; Gabler, FM; Smilanick, JL. 2011. Natural and safe alternatives to conventional methods to control gray mold of table grapes in storage. *International Symposium on Biological Control of Postharvest Diseases: Challenges and Opportunities*, 905: 161-168.
- Romanazzi, G; Sanzani, SM; Bi, Y; Tian, S; Gutiérrez Martínez, P; Alkan, N. 2016. Induced resistance to control postharvest decay of fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 122: 82-94.
- Ruiz-Campos, C del C. 2016. Distribución y frecuencia de *Colletotrichum* spp. en la fruta de papaya (*Carica papaya* L.) híbrido «Pococí» en las zonas productoras de Parrita, Guácimo y San Carlos. Tesis Lic. San José, Costa Rica, UCR. 52 p.

- Saborio, D; Sáenz, V; Arauz, LP; Bertsch, F. 2000. Efecto del calcio en aplicaciones precosecha y poscosecha sobre la severidad de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) y la calidad de frutos de papaya (*Carica papaya*). *Agronomía Costarricense*, 24(2):77-88.
- Salazar-Espinoza, D. 2012. Establecimiento de la escala de madurez y potencial de vida útil durante el almacenamiento de papaya (*Carica papaya* L.) híbrido 'Pococí'. Tesis Lic. San José, Costa Rica, UCR. 91 p.
- Salvador-Figueroa, M; Castillo-López, D; Adriano-Anaya, L; Gálvez-López, D; Rosas-Quijano, R; Vázquez-Ovando, A. 2017. Chitosan composite films: physicochemical characterization and their use as coating in papaya Maradol stored at room temperature. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 19(10): 779-791.
- Santoro, K; Maghenzani, M; Chiabrando, V; Bosio, P; Gullino, M; Spadaro, D; Giacalone, G. 2018. Thyme and Savory Essential Oil Vapor Treatments Control Brown Rot and Improve the Storage Quality of Peaches and Nectarines, but Could Favor Gray Mold. *Foods*, 7(7): 1-17.
- Sarkhosh, A; Schaffer, B; Vargas, AI; Palmateer, AJ; Lopez, P; Soleymani, A. 2018. In Vitro Evaluation of Eight Plant Essential Oils for Controlling *Colletotrichum*, *Botryosphaeria*, *Fusarium* and *Phytophthora* Fruit Rots of Avocado, Mango and Papaya. *Plant Protection Science*, 54(3): 153-162.
- Sarkhosh, A; Schaffer, B; Vargas, AI; Palmateer, AJ; Lopez, P; Soleymani, A; Farzaneh, M. 2017. Antifungal activity of five plant-extracted essential oils against anthracnose in papaya fruit. *Biological Agriculture and Horticulture*, 34(1): 18-26.
- Sellamuthu, PS; Mafune, M; Sivakumar, D; Soundy, P. 2013. Thyme oil vapour and modified atmosphere packaging reduce anthracnose incidence and maintain fruit quality in avocado. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(12): 3024-3031.
- Serrano, M; Martínez-Romero, D; Castillo, S; Castillo, S; Guillén, F; Valero, D. 2005. The use of natural antifungal compounds improves the beneficial effect of MAP in sweet cherry storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 6: 115-123.
- Sharma, S; Barman, K; Wasim, M. 2016. Chitosan: properties and roles in postharvest quality preservation of horticultural crops. *Eco-Friendly Technology for Postharvest Produce Quality*. Londres, Inglaterra, Academic Press, 269-296 p.
- Siddiq, M. 2012. *Tropical and Subtropical Fruits: Postharvest Physiology, Processing and Packaging*. Eds. M Siddiq; J Ahmed; MG Lobo; F Ozadali. 1 ed. Iowa, Estados Unidos de América, Wiley-Blackwell, 664 p.

- Silva, DD; Crous, PW; Ades, PK; Hyde, KD; Taylor, PWJ. 2017. Life styles of *Colletotrichum* species and implications for plant biosecurity. *Fungal Biology Reviews*, 31(3): 155-168.
- Silva, DM; Bassay, LE. 2014. Redução da antracnose e da podridão seca pós-colheita em mamão por hidrotermia. *Revista Caatinga*, 27(3): 98-105.
- Sivakumar, D; Bautista-Baños, S. 2014. A review on the use of essential oils for postharvest decay control and maintenance of fruit quality during storage. *Crop Protection*, 64: 27-37.
- Sivakumar, D; Bill, M; Korsten, L; Thompson, K. 2016. Integrated Application of Chitosan Coating with Different Postharvest Treatments in the Control of Postharvest Decay and Maintenance of Overall Fruit Quality. *Chitosan in the Preservation of Agricultural Commodities*. 1 ed. EEUU, Elsevier Inc.127-153 p.
- Sivakumar, D; Sultanbawa, Y; Ranasingh, N; Kumara, P. 2005. Effect of the combined application of chitosan and carbonate salts on the incidence of anthracnose and on the quality of papaya during storage. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 80(4): 447-452.
- Sogvar, OB; Saba, MK; Emamifar, A. 2016. Aloe vera and ascorbic acid coatings maintain postharvest quality and reduce microbial load of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 114: 29-35.
- Sui, Y; Wisniewski, M; Droby, S; Norelli, J; Liu, J. 2016. Recent advances and current status of the use of heat treatments in postharvest disease management systems: Is it time to turn up the heat?. *Trends in Food Science and Technology*, 51:34-40.
- Supapvanich, S; Promyou, S. 2017. Hot water incorporated with salicylic acid dips maintaining physicochemical quality of «Holland» papaya fruit stored at room temperature. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 29(1): 18-24.
- Umaña, G; Loría, CL; Gómez, JC. 2011. Efecto del grado de madurez y las condiciones de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas de la papaya híbrido Pococi. *Agronomía Costarricense*, 35(2):61-73.
- Umaña-Rojas, G. 2011. Control of Rots of Tropical Fruits with Generally Regarded as Safe (GRAS) Compounds. *International Conference on Postharvest and Quality Management of Horticultural Products of Interest for Tropical Regions 2011*: 189-196.
- Valencia, SAC; Palou, L; del Río, MA; Pérez-Gago, MB. 2011. Antimicrobial edible films and coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51(9):872-900.

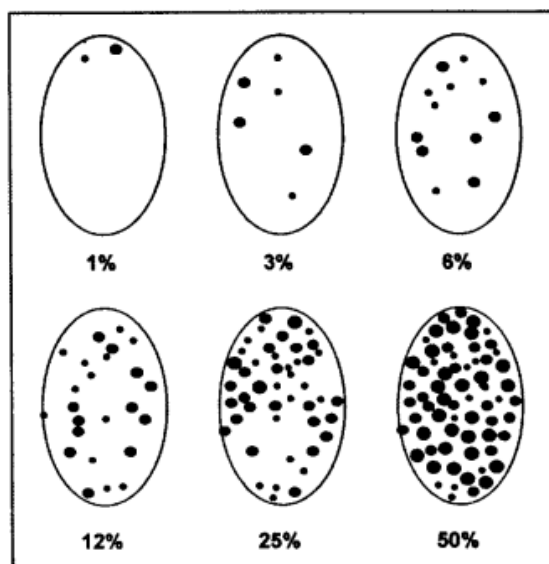


- Valero, D; Serrano, M. 2010. Postharvest Biology and Technology for Preserving Fruit Quality. 1st ed. Boca Raton, EEUU, CRC Press, 288 p.
- Vázquez-Ovando, A; López-Hilerio, H; Salvador-Figueroa, M; Adriano-Anaya, L; Rosas-Quijano, R; Gálvez-López, D; Vázquez-Ovando, A; López-Hilerio, H; Salvador-Figueroa, M; Adriano-Anaya, L; Rosas-Quijano, R; Gálvez-López, D. 2018. Uso combinado de radiación UV-C y biorecubrimiento de quitosán con aceites esenciales para el control de hongos en papaya Maradol. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 40(3): 1-40
- Wilson, CL; Wisniewski, ME; Biles, CL; McLaughlin, R; Chalutz, E; Droby, S. 1991. Biological control of post-harvest diseases of fruits and vegetables: alternatives to synthetic fungicides. *Crop Protection*, 10(3): 172-177.
- Yang, G; Yue, J; Gong, X; Qian, B; Wang, H; Deng, Y; Zhao, Y. 2014. Blueberry leaf extracts incorporated chitosan coatings for preserving postharvest quality of fresh blueberries. *Postharvest Biology and Technology*, 92: 46-53.
- Youssef, K; Ligorio, A; Sanzani, SM; Nigro, F; Ippolito, A. 2012. Control of storage diseases of citrus by pre- and postharvest application of salts. *Postharvest Biology and Technology*, 72: 57-63.
- Yuan, G; Lv, H; Tang, W; Zhang, X; Sun, H. 2016. Effect of chitosan coating combined with pomegranate peel extract on the quality of Pacific white shrimp during iced storage. *Food Control*, 59: 818-823.
- Zamora, JA. 2012. Control de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) en frutos de papaya (*Carica papaya* L.) cv. Pococí mediante aplicaciones poscosecha de agua caliente y cloruro de calcio. San José, Costa Rica, UCR. 135 p.
- Zhang, H; Li, R; Liu, W. 2011. Effects of chitin and its derivative chitosan on postharvest decay of fruits: A review. *International Journal of Molecular Sciences*, 12(2): 917-934.
- Zhao, N; Li, X; Chen, W; Shi, J. 2013. Effect of Hot Water Treatment on the Inhibition of Anthracnose, PG, PME Activity and PGIP Gene Expression in Harvested Papaya Fruits. IV International Symposium on Tropical and Subtropical fruits (1, 2013, Bogor, Indonesia), 2013: 487-494.

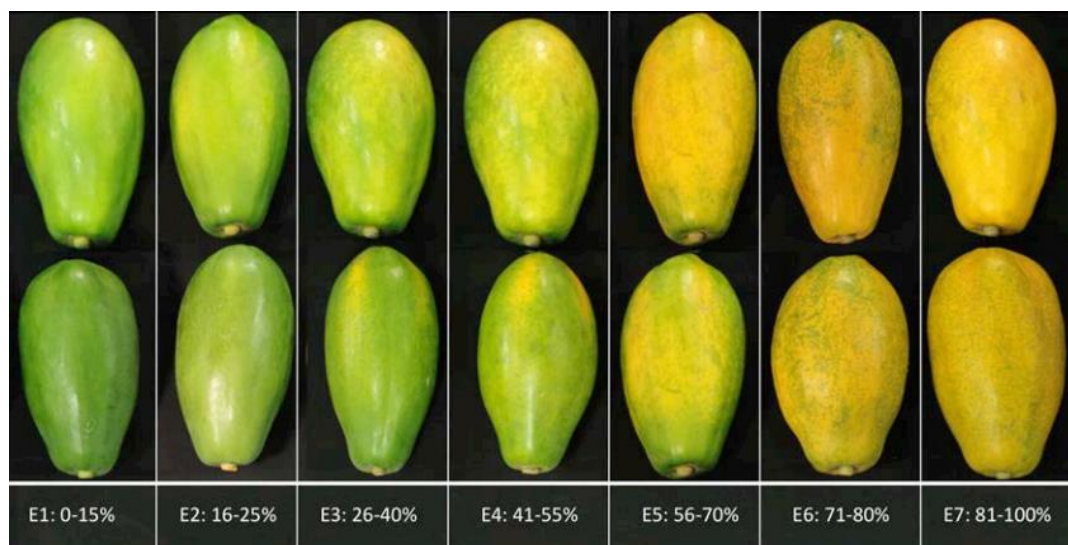
## 9. Anexos



Anexo 1. Tanque metálico utilizado para la inmersión en agua caliente. A) Se observa el termómetro para determinar la temperatura del agua. B) Se observa en el interior del tanque la bomba que se utilizó para la circulación del agua.



Anexo 2. Escala utilizada para la evaluación visual de severidad de enfermedades fungosas en frutos de papaya. **Fuente:** Tomado de Navarro y Arauz 1999:93



Anexo 3. Escala de maduración para frutas del híbrido de Pococí con los distintos estados y su correspondiente porcentaje de amarillo. **Fuente:** Tomado de Salazar-Espinoza 2012:43

Anexo 4. Descripción de las ceras utilizadas en el ensayo 2.

Cera	Nombre comercial	Ingrediente activo	Dosis utilizada	Precio por litro (¢/L)	Empresa que lo elabora
Cera 1	Everfresh 14 EC	Cera protectante de Carnauba-Hidrocoloide	4%-8%	2250	Quimi-Agro de Costa Rica
Cera 2	Biogreen Post	Triacilgliceroles Hidrogenados	10% - 20%	1020-1200*	Corporación Química JYJ S.A.
Cera 3	Ecofrut 12 DC	Triacilgliceroles y ácidos grasos	10% - 20%	2192,63	Químicas Mundiales S.A.

\*Precio en duda a nivel comercial

Anexo 5. Descripción de las sustancias alternativas utilizadas en el ensayo 3.

Sustancias alternativa	Nombre comercial	Ingrediente activo	Dosis utilizada	Empresa que lo elabora
Quitosano	Fresh Seal CHC 19,5 TK	Cobertura poscosecha basada en polímeros	1% según Bautista-Baños et al. (2017)	BASF Corporation (Uso solo para investigación)
Cloruro de calcio grado alimenticio	CASO ® FCC FLAKES k	Cloruro de calcio dihidratado grado alimenticio	2,5 % según Bautista-Baños et al. (2013)	SOLVAY CHEMICALS, INC.
Extracto de tomillo	Thyme Guard	Aceite esencial de tomillo	1% para uso poscosecha (según etiqueta)	Agro Research International LLC

Anexo 6. Análisis estadístico para el ensayo 1 para la selección de la temperatura y tiempo de inmersión. Se adjunta para las variables que superaron los supuestos básicos (homogeneidad de varianzas y normalidad) el correspondiente análisis de varianza y para las variables que no superaron los supuestos básicos la prueba de Kruskal Wallis.

#### Variabes fitosanitarias

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Salida de cámara Inc.	Moho pedúnculo	50°C 10 m	24	0,67	0,48	1,00	3,31	0,2187
Salida de cámara Inc.	Moho pedúnculo	54°C 4 m	24	0,50	0,51	0,50		
Salida de cámara Inc.	Moho pedúnculo	Test. Comercial	24	0,38	0,49	0,00		
Salida de cámara Inc.	Moho pedúnculo	Testigo inoculado	24	0,58	0,50	1,00		

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
4 ddsc Inc.	Moho pedúnculo	50°C 10 m	24	0,67	0,48	1,00	3,31	0,2187
4 ddsc Inc.	Moho pedúnculo	54°C 4 m	24	0,50	0,51	0,50		
4 ddsc Inc.	Moho pedúnculo	Test. Comercial	24	0,38	0,49	0,00		
4 ddsc Inc.	Moho pedúnculo	Testigo inoculado	24	0,58	0,50	1,00		

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Salida de cámara Inc.	Pudrición Pedúnculo	50°C 10 m	24	0,42	0,50	0,00	44,04	<0,0001
Salida de cámara Inc.	Pudrición Pedúnculo	54°C 4 m	24	0,00	0,00	0,00		
Salida de cámara Inc.	Pudrición Pedúnculo	Test. Comercial	24	0,08	0,28	0,00		
Salida de cámara Inc.	Pudrición Pedúnculo	Testigo inoculado	24	1,00	0,00	1,00		

Trat.	Ranks
54°C 4 m	30,50 A
Test. Comercial	34,50 A
50°C 10 m	50,50 B
Testigo inoculado	78,50 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
4 ddsc Inc.	Pudrición Pedúnculo	50°C 10 m	24	0,67	0,48	1,00	6,53	0,0102
4 ddsc Inc.	Pudrición Pedúnculo	54°C 4 m	24	0,67	0,48	1,00		
4 ddsc Inc.	Pudrición Pedúnculo	Test. Comercial	24	0,63	0,49	1,00		
4 ddsc Inc.	Pudrición Pedúnculo	Testigo inoculado	24	1,00	0,00	1,00		

Trat.	Ranks
Test. Comercial	43,00 A
54°C 4 m	45,00 A
50°C 10 m	45,00 A
Testigo inoculado	61,00 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Salida de cámara Inc.	Antracnosis	50°C 10 m	24	0,29	0,46	0,00	28,08	<0,0001
Salida de cámara Inc.	Antracnosis	54°C 4 m	24	0,38	0,49	0,00		
Salida de cámara Inc.	Antracnosis	Test. Comercial	24	0,13	0,34	0,00		
Salida de cámara Inc.	Antracnosis	Testigo inoculado	24	0,96	0,20	1,00		

Trat.	Ranks
Test. Comercial	33,50 A
50°C 10 m	41,50 A
54°C 4 m	45,50 A
Testigo inoculado	73,50 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
4 ddsc Inc.	Antracnosis	50°C 10 m	24	0,58	0,50	1,00	8,26	0,0035
4 ddsc Inc.	Antracnosis	54°C 4 m	24	0,58	0,50	1,00		
4 ddsc Inc.	Antracnosis	Test. Comercial	24	0,71	0,46	1,00		
4 ddsc Inc.	Antracnosis	Testigo inoculado	24	1,00	0,00	1,00		

Trat.	Ranks
54°C 4 m	42,00 A
50°C 10 m	42,00 A
Test. Comercial	48,00 A B
Testigo inoculado	62,00 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara Sev.	Moho Pedúnculo	96	0,40	0,38	139,76

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	49186,08	3	16395,36	20,81	<0,0001
Tratamiento	49186,08	3	16395,36	20,81	<0,0001
Error	72479,25	92	787,82		
Total	121665,33	95			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=16,7298

Error: 787,8179 gl: 92

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Test. Comercial	2,00	24	5,73 A
54°C 4 m	4,71	24	5,73 A
50°C 10 m	15,29	24	5,73 A
Testigo inoculado	58,33	24	5,73 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
4 ddsc	Sev. Moho Pedúnculo	96	0,39	0,37	58,37

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	63589,36	3	21196,45	19,36	<0,0001
Tratamiento	63589,36	3	21196,45	19,36	<0,0001
Error	100748,88	92	1095,10		
Total	164338,24	95			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=19,7244

Error: 1095,0965 gl: 92

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Test. Comercial	36,54	24	6,75 A
54°C 4 m	38,04	24	6,75 A
50°C 10 m	52,21	24	6,75 A
Testigo inoculado	100,00	24	6,75 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara	Sev. Pudrición Peduncular	96	0,79	0,79	64,61

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	155819,79	3	51939,93	117,04	<0,0001
Tratamiento	155819,79	3	51939,93	117,04	<0,0001
Error	40829,17	92	443,80		
Total	196648,96	95			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=12,5565

Error: 443,7953 gl: 92

Tratamiento	Medias	n	E.E.
54°C 4 m	0,00	24	4,30 A
Test. Comercial	3,33	24	4,30 A
50°C 10 m	27,08	24	4,30 B
Testigo inoculado	100,00	24	4,30 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
4 ddsc	Sev. Pudrición Peduncular	96	0,19	0,16	59,54

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	35250,78	3	11750,26	7,17	0,0002
Tratamiento	35250,78	3	11750,26	7,17	0,0002
Error	150678,13	92	1637,81		
Total	185928,91	95			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=24,1217

Error: 1637,8057 gl: 92

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Test. Comercial	49,17	24	8,26 A
50°C 10 m	60,42	24	8,26 A
54°C 4 m	62,29	24	8,26 A
Testigo inoculado	100,00	24	8,26 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara	Sev. Antracnosis	96	0,28	0,26	171,05

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1714,92	3	571,64	11,96	<0,0001
Tratamiento	1714,92	3	571,64	11,96	<0,0001
Error	4396,92	92	47,79		
Total	6111,83	95			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=4,1206

Error: 47,7926 gl: 92

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Test. Comercial	0,63	24	1,41 A
54°C 4 m	1,58	24	1,41 A
50°C 10 m	2,71	24	1,41 A
Testigo inoculado	11,25	24	1,41 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
4 ddsc	Sev. Antracnosis	96	0,55	0,54	82,39

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6149,03	3	2049,68	38,24	<0,0001
Tratamiento	6149,03	3	2049,68	38,24	<0,0001
Error	4930,71	92	53,59		
Total	11079,74	95			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=4,3635

Error: 53,5947 gl: 92

Tratamiento	Medias	n	E.E.
54°C 4 m	3,54	24	1,49 A
50°C 10 m	4,08	24	1,49 A
Test. Comercial	5,21	24	1,49 A
Testigo inoculado	22,71	24	1,49 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Variables de calidad

**Firmeza Externa**

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara	Firmeza Externa	96	0,09	0,06	56,02

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3965,92	3	1321,97	3,12	0,0298
Tratamiento	3965,92	3	1321,97	3,12	0,0298
Error	38996,08	92	423,87		
Total	42962,00	95			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=11,8889

Error: 423,8705 gl: 92

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Testigo inoculado	27,83	24	4,20 A
50°C 10 m	34,42	24	4,20 B
Testigo comercial	39,46	24	4,20 B
54°C 4 m	45,29	24	4,20 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Firmeza Interna**

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara	Firmeza Interna	96	0,09	0,06	77,47

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4024,03	3	1341,34	3,14	0,0292
Tratamiento	4024,03	3	1341,34	3,14	0,0292
Error	39358,21	92	427,81		
Total	43382,24	95			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=12,3282

Error: 427,8066 gl: 92

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Testigo inoculado	18,21	24	4,22 A
50°C 10 m	24,67	24	4,22 A
Testigo comercial	27,71	24	4,22 A
54°C 4 m	36,21	24	4,22 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)



**Firmeza Externa**

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
4 ddsc	Firmeza Externa	96	0,05	0,02	85,55

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	887,45	3	295,82	1,64	0,1846
Tratamiento	887,45	3	295,82	1,64	0,1846
Error	16549,54	92	179,89		
Total	17436,99	95			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=7,9942

Error: 179,8863 gl: 92

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Testigo inoculado	11,17	24	2,74 A
Testigo comercial	15,29	24	2,74 A
50°C 10 m	16,63	24	2,74 A
54°C 4 m	19,63	24	2,74 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

**Firmeza Interna**

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
4 ddsc	Firmeza Interna	96	0,06	0,03	98,43

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	660,61	3	220,20	1,81	0,1503
Tratamiento	660,61	3	220,20	1,81	0,1503
Error	11176,63	92	121,49		
Total	11837,24	95			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=6,5696

Error: 121,4851 gl: 92

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Testigo inoculado	7,42	24	2,25 A
Testigo comercial	11,25	24	2,25 A
50°C 10 m	11,29	24	2,25 A
54°C 4 m	14,83	24	2,25 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara 1		96	0,13	0,10	5,66

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	123,43	3	41,14	4,62	0,0047
Tratamiento	123,43	3	41,14	4,62	0,0047
Error	819,66	92	8,91		
Total	943,09	95			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=1,7791

Error: 8,9094 gl: 92

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Testigo comercial	51,53	24	0,61 A
54°C 4 m	51,78	24	0,61 A
50°C 10 m	53,83	24	0,61 B
Testigo inoculado	53,99	24	0,61 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara a		96	0,02	0,00	250,09

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	14,46	3	4,82	0,53	0,6643
Tratamiento	14,46	3	4,82	0,53	0,6643
Error	839,99	92	9,13		
Total	854,44	95			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=1,8010

Error: 9,1303 gl: 92

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Testigo comercial	0,55	24	0,62 A
Testigo inoculado	1,31	24	0,62 A
54°C 4 m	1,45	24	0,62 A
50°C 10 m	1,53	24	0,62 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara b		96	0,08	0,05	9,39

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	138,59	3	46,20	2,61	0,0564
Tratamiento	138,59	3	46,20	2,61	0,0564
Error	1630,60	92	17,72		
Total	1769,19	95			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=2,5093

Error: 17,7239 gl: 92

Tratamiento	Medias	n	E.E.
54°C 4 m	43,50	24	0,86 A
Testigo comercial	43,85	24	0,86 A
50°C 10 m	45,50	24	0,86 A
Testigo inoculado	46,44	24	0,86 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara h°		96	0,02	0,00	4,36

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	26,78	3	8,93	0,60	0,6198
Tratamiento	26,78	3	8,93	0,60	0,6198
Error	1380,09	92	15,00		
Total	1406,87	95			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=2,3085

Error: 15,0010 gl: 92

Tratamiento	Medias	n	E.E.
54°C 4 m	88,32	24	0,79 A
50°C 10 m	88,38	24	0,79 A
Testigo inoculado	88,73	24	0,79 A
Testigo comercial	89,64	24	0,79 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara	Chroma	96	0,08	0,05	9,44

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	141,22	3	47,07	2,61	0,0559
Tratamiento	141,22	3	47,07	2,61	0,0559
Error	1657,11	92	18,01		
Total	1798,32	95			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=2,5296

Error: 18,0120 gl: 92

Tratamiento	Medias	n	E.E.
54°C 4 m	43,60	24	0,87 A
Testigo comercial	43,96	24	0,87 A
50°C 10 m	45,62	24	0,87 A
Testigo inoculado	46,57	24	0,87 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
4 ddsc l		96	0,09	0,06	3,90

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	41,76	3	13,92	2,87	0,0406
Tratamiento	41,76	3	13,92	2,87	0,0406
Error	446,17	92	4,85		
Total	487,93	95			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=1,2679

Error: 4,8496 gl: 92

Tratamiento	Medias	n	E.E.
54°C 4 m	55,85	24	0,45 A
Testigo comercial	55,90	24	0,45 A
50°C 10 m	56,89	24	0,45 B
Testigo inoculado	57,40	24	0,45 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
4 ddsc a		96	0,02	0,00	40,23

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	34,01	3	11,34	0,64	0,5909
Tratamiento	34,01	3	11,34	0,64	0,5909
Error	1628,51	92	17,70		
Total	1662,52	95			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=2,5077

Error: 17,7012 gl: 92

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Testigo comercial	9,85	24	0,86 A
50°C 10 m	10,04	24	0,86 A
54°C 4 m	10,56	24	0,86 A
Testigo inoculado	11,38	24	0,86 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
4 ddsc	b	96	0,11	0,08	6,54

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	129,23	3	43,08	3,63	0,0158
Tratamiento	129,23	3	43,08	3,63	0,0158
Error	1091,69	92	11,87		
Total	1220,91	95			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=2,0532

Error: 11,8662 gl: 92

Tratamiento	Medias	n	E.E.
54°C 4 m	51,13	24	0,70 A
50°C 10 m	52,32	24	0,70 A
Testigo comercial	53,04	24	0,70 A
Testigo inoculado	54,33	24	0,70 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
4 ddsc	h <sup>o</sup>	96	0,02	0,00	5,07

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	31,74	3	10,58	0,66	0,5796
Tratamiento	31,74	3	10,58	0,66	0,5796
Error	1477,90	92	16,06		
Total	1509,64	95			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=2,3889

Error: 16,0642 gl: 92

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Testigo inoculado	78,29	24	0,82 A
54°C 4 m	78,59	24	0,82 A
50°C 10 m	79,31	24	0,82 A
Testigo comercial	79,75	24	0,82 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
4 ddsc	Chroma	96	0,08	0,05	7,36

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	127,10	3	42,37	2,70	0,0505
Tratamiento	127,10	3	42,37	2,70	0,0505
Error	1445,62	92	15,71		
Total	1572,72	95			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=2,3627

Error: 15,7133 gl: 92

Tratamiento	Medias	n	E.E.
54°C 4 m	52,42	24	0,81 A
50°C 10 m	53,38	24	0,81 A
Testigo comercial	54,05	24	0,81 A
Testigo inoculado	55,58	24	0,81 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara	Porcentaje color amarillo	96	0,10	0,07	19,53

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1313,54	3	437,85	3,43	0,0202
Tratamiento	1313,54	3	437,85	3,43	0,0202
Error	11727,08	92	127,47		
Total	13040,63	95			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=6,7294

Error: 127,4683 gl: 92

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Testigo comercial	53,33	24	2,30 A
54°C 4 m	56,46	24	2,30 A
Testigo inoculado	57,92	24	2,30 A
50°C 10 m	63,54	24	2,30 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
4 ddsc	Porcentaje color amarillo	96	0,05	0,02	12,47

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	419,53	3	139,84	1,53	0,2133
Tratamiento	419,53	3	139,84	1,53	0,2133
Error	8436,46	92	91,70		
Total	8855,99	95			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=5,7077

Error: 91,7006 gl: 92

Tratamiento	Medias	n	E.E.
54°C 4 m	73,54	24	1,95 A
Testigo comercial	76,67	24	1,95 A
50°C 10 m	77,92	24	1,95 A
Testigo inoculado	79,17	24	1,95 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara	° brix	96	0,02	0,00	13,27

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3,22	3	1,07	0,56	0,6413
Tratamiento	3,22	3	1,07	0,56	0,6413
Error	175,81	92	1,91		
Total	179,03	95			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,8240

Error: 1,9110 gl: 92

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Test. Comercial	10,22	24	0,28 A
50°C 10 m	10,26	24	0,28 A
Testigo inoculado	10,51	24	0,28 A
54°C 4 m	10,67	24	0,28 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
4 ddsc	° brix	96	0,05	0,02	4,20

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

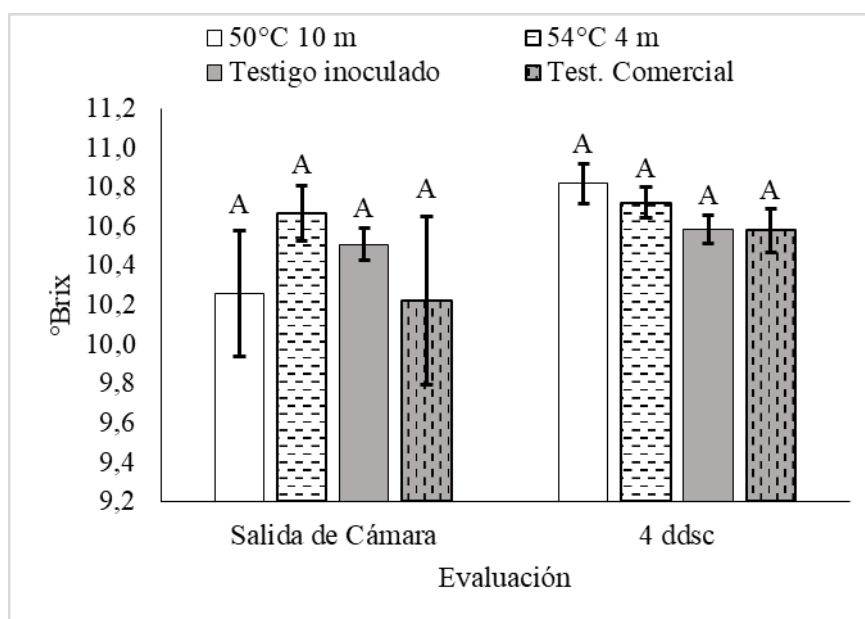
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,95	3	0,32	1,58	0,1993
Tratamiento	0,95	3	0,32	1,58	0,1993
Error	18,51	92	0,20		
Total	19,46	95			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,2673

Error: 0,2012 gl: 92

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Test. Comercial	10,58	24	0,09 A
Testigo inoculado	10,58	24	0,09 A
54°C 4 m	10,72	24	0,09 A
50°C 10 m	10,82	24	0,09 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )



Anexo 7. Grados brix en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones de salida de cámara y 4 días después de salida de cámara (4 ddsc) en los tratamientos aplicados. Datos corresponden al ensayo 1 para la selección de la temperatura y tiempo de inmersión. *Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). Barras representan error estándar.*

Anexo 8. Media  $\pm$  error estándar de las variables de color  $a^*$  y  $^{\circ}$ hue durante las evaluaciones de salida de cámara y 4 días después de salida de cámara (4 ddsc) en los tratamientos aplicados. Datos corresponden al ensayo 1 para la selección de la temperatura y tiempo de inmersión.

Evaluación				
Tratamiento	Salida de cámara		4 ddsc	
	$a^*$	$^{\circ}$ hue	$a^*$	$^{\circ}$ hue
50°C 10 m	1,52 $\pm$ 0,64 A	45,62 $\pm$ 0,79 A	10,03 $\pm$ 0,79 A	53,38 $\pm$ 0,78 A
54°C 4 m	1,44 $\pm$ 0,56 A	43,59 $\pm$ 0,68 A	10,56 $\pm$ 1,07 A	52,41 $\pm$ 1,06 A
Testigo inoculado	1,31 $\pm$ 0,65 A	46,56 $\pm$ 0,85 A	11,38 $\pm$ 0,67 A	55,57 $\pm$ 0,58 A
Testigo comercial	0,54 $\pm$ 0,61 A	43,95 $\pm$ 0,83 A	9,84 $\pm$ 0,86 A	54,05 $\pm$ 0,78A

Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) según prueba DGC

Anexo 9. Análisis estadístico para las variables del ensayo 2 inmersión en agua caliente en combinación con ceras. Se adjunta para las variables que superaron los supuestos básicos (homogeneidad de varianzas y normalidad) el correspondiente análisis de varianza y para las variables que no superaron los supuestos básicos la prueba de Kruskal Wallis.

Variabes fitosanitarias

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Salida de cámara	IMP	IAC	30	0,27	0,45	0,00	20,70	0,0001
Salida de cámara	IMP	IAC+C1 6%	29	0,21	0,41	0,00		
Salida de cámara	IMP	IAC+C1 8%	29	0,45	0,51	0,00		
Salida de cámara	IMP	IAC+C2 15%	29	0,52	0,51	1,00		
Salida de cámara	IMP	IAC+C2 20%	28	0,75	0,44	1,00		
Salida de cámara	IMP	IAC+C3 15%	30	0,20	0,41	0,00		
Salida de cámara	IMP	IAC+C3 20%	30	0,30	0,47	0,00		

Trat.	Ranks
IAC+C3 15%	84,50 A
IAC+C1 6%	85,21 A
IAC	91,33 A B
IAC+C3 20%	94,75 A B
IAC+C1 8%	109,95 A B
IAC+C2 15%	117,02 B C
IAC+C2 20%	140,88 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
10 ddsc	IMP	IAC	15	0,60	0,51	1,00	6,58	0,0001
10 ddsc	IMP	IAC+C1 6%	15	0,80	0,41	1,00		
10 ddsc	IMP	IAC+C1 8%	15	1,00	0,00	1,00		
10 ddsc	IMP	IAC+C2 15%	14	1,00	0,00	1,00		
10 ddsc	IMP	IAC+C2 20%	14	1,00	0,00	1,00		
10 ddsc	IMP	IAC+C3 15%	15	1,00	0,00	1,00		
10 ddsc	IMP	IAC+C3 20%	15	1,00	0,00	1,00		

Trat.	Ranks
IAC	35,90 A
IAC+C1 6%	46,20 A
IAC+C3 20%	56,50 A
IAC+C3 15%	56,50 A
IAC+C2 20%	56,50 A
IAC+C2 15%	56,50 A
IAC+C1 8%	56,50 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Salida de cámara	SMP	IAC	30	2,23	6,66	0,00	25,18	<0,0001
Salida de cámara	SMP	IAC+C1 6%	29	2,07	9,25	0,00		
Salida de cámara	SMP	IAC+C1 8%	29	6,38	19,56	0,00		
Salida de cámara	SMP	IAC+C2 15%	29	12,14	22,66	1,00		
Salida de cámara	SMP	IAC+C2 20%	28	16,86	29,51	2,00		
Salida de cámara	SMP	IAC+C3 15%	30	1,23	4,62	0,00		
Salida de cámara	SMP	IAC+C3 20%	30	1,40	3,18	0,00		

Trat.	Ranks
IAC+C3 15%	82,35 A
IAC+C1 6%	83,16 A
IAC	91,27 A
IAC+C3 20%	92,70 A
IAC+C1 8%	108,43 A B
IAC+C2 15%	123,03 B C
IAC+C2 20%	142,91 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
10 ddsc	SMP	IAC	15	48,33	46,51	40,00	12,85	0,0177
10 ddsc	SMP	IAC+C1 6%	15	61,67	42,83	80,00		
10 ddsc	SMP	IAC+C1 8%	15	64,33	39,99	80,00		
10 ddsc	SMP	IAC+C2 15%	14	76,29	36,79	100,00		
10 ddsc	SMP	IAC+C2 20%	14	96,43	9,29	100,00		
10 ddsc	SMP	IAC+C3 15%	15	80,33	36,86	100,00		
10 ddsc	SMP	IAC+C3 20%	15	54,13	37,51	45,00		

Trat.	Ranks
IAC	39,03 A
IAC+C3 20%	41,73 A B
IAC+C1 6%	47,30 A B
IAC+C1 8%	47,63 A B
IAC+C2 15%	57,82 A B C
IAC+C3 15%	61,23 B C
IAC+C2 20%	70,89 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )



Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Salida de cámara	IPP	IAC	30	0,10	0,31	0,00	0,58	0,7065
Salida de cámara	IPP	IAC+C1 6%	29	0,03	0,19	0,00		
Salida de cámara	IPP	IAC+C1 8%	29	0,03	0,19	0,00		
Salida de cámara	IPP	IAC+C2 15%	29	0,07	0,26	0,00		
Salida de cámara	IPP	IAC+C2 20%	28	0,07	0,26	0,00		
Salida de cámara	IPP	IAC+C3 15%	30	0,07	0,25	0,00		
Salida de cámara	IPP	IAC+C3 20%	30	0,00	0,00	0,00		

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
10 ddsc	IPP	IAC	15	0,87	0,35	1,00	4,13	0,3657
10 ddsc	IPP	IAC+C1 6%	15	0,67	0,49	1,00		
10 ddsc	IPP	IAC+C1 8%	15	0,67	0,49	1,00		
10 ddsc	IPP	IAC+C2 15%	14	0,79	0,43	1,00		
10 ddsc	IPP	IAC+C2 20%	14	0,71	0,47	1,00		
10 ddsc	IPP	IAC+C3 15%	15	0,73	0,46	1,00		
10 ddsc	IPP	IAC+C3 20%	15	0,47	0,52	0,00		

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Salida de cámara	SPP	IAC	30	2,33	7,40	0,00	0,57	0,7104
Salida de cámara	SPP	IAC+C1 6%	29	0,17	0,93	0,00		
Salida de cámara	SPP	IAC+C1 8%	29	3,45	18,57	0,00		
Salida de cámara	SPP	IAC+C2 15%	29	1,90	7,12	0,00		
Salida de cámara	SPP	IAC+C2 20%	28	4,29	19,13	0,00		
Salida de cámara	SPP	IAC+C3 15%	30	1,83	7,01	0,00		
Salida de cámara	SPP	IAC+C3 20%	30	0,00	0,00	0,00		

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
10 ddsc	SPP	IAC	15	58,67	45,65	70,00	4,49	0,4452
10 ddsc	SPP	IAC+C1 6%	15	62,33	48,51	100,00		
10 ddsc	SPP	IAC+C1 8%	15	48,67	50,27	30,00		
10 ddsc	SPP	IAC+C2 15%	14	77,14	42,14	100,00		
10 ddsc	SPP	IAC+C2 20%	14	71,43	46,88	100,00		
10 ddsc	SPP	IAC+C3 15%	15	71,33	45,18	100,00		
10 ddsc	SPP	IAC+C3 20%	15	43,33	49,52	0,00		

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Salida de cámara	I. Antracnosis	IAC	30	0,03	0,18	0,00	0,20	0,9214
Salida de cámara	I. Antracnosis	IAC+C1 6%	29	0,00	0,00	0,00		
Salida de cámara	I. Antracnosis	IAC+C1 8%	29	0,03	0,19	0,00		
Salida de cámara	I. Antracnosis	IAC+C2 15%	29	0,03	0,19	0,00		
Salida de cámara	I. Antracnosis	IAC+C2 20%	28	0,04	0,19	0,00		
Salida de cámara	I. Antracnosis	IAC+C3 15%	30	0,07	0,25	0,00		
Salida de cámara	I. Antracnosis	IAC+C3 20%	30	0,03	0,18	0,00		

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
10 ddsc	I. Antracnosis	IAC	15	0,53	0,52	1,00	4,50	0,4094
10 ddsc	I. Antracnosis	IAC+C1 6%	15	0,60	0,51	1,00		
10 ddsc	I. Antracnosis	IAC+C1 8%	15	0,27	0,46	0,00		
10 ddsc	I. Antracnosis	IAC+C2 15%	14	0,50	0,52	0,50		
10 ddsc	I. Antracnosis	IAC+C2 20%	14	0,29	0,47	0,00		
10 ddsc	I. Antracnosis	IAC+C3 15%	15	0,47	0,52	0,00		
10 ddsc	I. Antracnosis	IAC+C3 20%	15	0,33	0,49	0,00		

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Salida de cámara	S. Antracnosis	IAC	30	0,03	0,18	0,00	0,20	0,9178
Salida de cámara	S. Antracnosis	IAC+C1 6%	29	0,00	0,00	0,00		
Salida de cámara	S. Antracnosis	IAC+C1 8%	29	0,14	0,74	0,00		
Salida de cámara	S. Antracnosis	IAC+C2 15%	29	0,28	1,49	0,00		
Salida de cámara	S. Antracnosis	IAC+C2 20%	28	0,04	0,19	0,00		
Salida de cámara	S. Antracnosis	IAC+C3 15%	30	0,33	1,49	0,00		
Salida de cámara	S. Antracnosis	IAC+C3 20%	30	0,07	0,37	0,00		

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
10 ddsc	S. Antracnosis	IAC	15	2,93	6,51	1,00	2,65	0,7687
10 ddsc	S. Antracnosis	IAC+C1 6%	15	4,67	6,83	3,00		
10 ddsc	S. Antracnosis	IAC+C1 8%	15	3,00	6,76	0,00		
10 ddsc	S. Antracnosis	IAC+C2 15%	14	3,14	4,49	1,00		
10 ddsc	S. Antracnosis	IAC+C2 20%	14	4,14	10,72	0,00		
10 ddsc	S. Antracnosis	IAC+C3 15%	15	5,93	11,43	0,00		
10 ddsc	S. Antracnosis	IAC+C3 20%	15	1,87	3,04	0,00		

## Variabes de calidad

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara	Firmeza Externa	102	0,09	0,03	18,06

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1569,28	6	261,55	1,49	0,1915
Tratamiento	1569,28	6	261,55	1,49	0,1915
Error	16728,19	95	176,09		
Total	18297,46	101			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=9,9875

Error: 176,0862 gl: 95

Tratamiento	Medias	n	E.E.
IAC+C3 20%	66,87	15	3,43 A
IAC+C2 20%	70,86	14	3,55 A
IAC+C3 15%	71,00	15	3,43 A
IAC+C1 6%	73,53	15	3,43 A
IAC+C1 8%	76,21	14	3,55 A
IAC	78,07	15	3,43 A
IAC+C2 15%	78,14	14	3,55 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
10 ddsc	Firmeza Externa	103	0,03	0,00	59,11

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	970,72	6	161,79	0,55	0,7720
Tratamiento	970,72	6	161,79	0,55	0,7720
Error	28449,94	96	296,35		
Total	29420,66	102			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=12,9568

Error: 296,3535 gl: 96

Tratamiento Medias n E.E.

IAC+C1 6%	25,47	15	4,44	A
IAC+ C2 15%	25,79	14	4,60	A
IAC+C2 20%	26,38	14	4,60	A
IAC+ C3 15%	29,33	15	4,44	A
IAC+ C1 8%	30,53	15	4,44	A
IAC	31,93	15	4,44	A
IAC+ C3 20%	34,02	15	4,44	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara	Firmeza Externa	102	0,09	0,03	18,06

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1569,28	6	261,55	1,49	0,1915
Tratamiento	1569,28	6	261,55	1,49	0,1915
Error	16728,19	95	176,09		
Total	18297,46	101			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=9,9875

Error: 176,0862 gl: 95

Tratamiento Medias n E.E.

IAC+C3 20%	66,87	15	3,43	A
IAC+C2 20%	70,86	14	3,55	A
IAC+C3 15%	71,00	15	3,43	A
IAC+C1 6%	73,53	15	3,43	A
IAC+C1 8%	76,21	14	3,55	A
IAC	78,07	15	3,43	A
IAC+C2 15%	78,14	14	3,55	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
10 ddsc	Firmeza Interna	103	0,02	0,00	69,71

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	485,24	6	80,87	0,40	0,8775
Tratamiento	485,24	6	80,87	0,40	0,8775
Error	19417,95	96	202,27		
Total	19903,19	102			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=10,7043

Error: 202,2703 gl: 96

Tratamiento Medias n E.E.

IAC+C1 6%	17,53	15	3,67	A
IAC+ C2 15%	18,00	14	3,80	A
IAC+C2 20%	18,86	14	3,80	A
IAC+ C3 15%	20,13	15	3,67	A
IAC+ C1 8%	22,07	15	3,67	A
IAC	22,53	15	3,67	A
IAC+ C3 20%	23,42	15	3,67	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara 1		102	0,10	0,04	5,56

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	65,50	6	10,92	1,69	0,1321
Tratamiento	65,50	6	10,92	1,69	0,1321
Error	614,07	95	6,46		
Total	679,57	101			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=1,9136

Error: 6,4639 gl: 95

Tratamiento Medias n E.E.

IAC+C2 15%	43,95	14	0,68	A
IAC+C1 6%	45,42	15	0,66	B
IAC+C3 15%	45,66	15	0,66	B
IAC+C2 20%	46,17	14	0,68	B
IAC+C1 8%	46,24	14	0,68	B
IAC+C3 20%	46,30	15	0,66	B
IAC	46,49	15	0,66	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
10 ddsc 1		103	0,05	0,00	2,69

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	13,29	6	2,22	0,93	0,4765
Tratamiento	13,29	6	2,22	0,93	0,4765
Error	228,50	96	2,38		
Total	241,80	102			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=1,1612

Error: 2,3803 gl: 96

Tratamiento Medias n E.E.

IAC+ C3 20%	56,83	15	0,40	A
IAC+C2 20%	57,13	14	0,41	A
IAC+ C1 8%	57,42	15	0,40	A
IAC+ C2 15%	57,43	14	0,41	A
IAC	57,44	15	0,40	A
IAC+ C3 15%	57,78	15	0,40	A
IAC+C1 6%	57,99	15	0,40	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara a		102	0,10	0,04	45,00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	73,43	6	12,24	1,69	0,1325
Tratamiento	73,43	6	12,24	1,69	0,1325
Error	689,16	95	7,25		
Total	762,58	101			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=2,0272

Error: 7,2543 gl: 95

Tratamiento Medias n E.E.

IAC+C1 8%	-7,77	14	0,72	A
IAC+C2 15%	-6,72	14	0,72	A
IAC+C3 20%	-5,77	15	0,70	A
IAC+C3 15%	-5,70	15	0,70	A
IAC+C2 20%	-5,55	14	0,72	A
IAC+C1 6%	-5,44	15	0,70	A
IAC	-5,08	15	0,70	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
10 ddsc a		103	0,03	0,00	17,72

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	34,26	6	5,71	0,53	0,7843
Tratamiento	34,26	6	5,71	0,53	0,7843
Error	1034,34	96	10,77		
Total	1068,60	102			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=2,4705

Error: 10,7744 gl: 96

Tratamiento Medias n E.E.

IAC+ C3 20%	17,48	15	0,85	A
IAC+C2 20%	18,33	14	0,88	A
IAC+ C2 15%	18,37	14	0,88	A
IAC+ C1 8%	18,37	15	0,85	A
IAC+ C3 15%	18,76	15	0,85	A
IAC	18,83	15	0,85	A
IAC+C1 6%	19,50	15	0,85	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara b		102	0,11	0,05	8,15

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	108,54	6	18,09	1,90	0,0887
Tratamiento	108,54	6	18,09	1,90	0,0887
Error	904,33	95	9,52		
Total	1012,86	101			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=2,3222

Error: 9,5192 gl: 95

Tratamiento Medias n E.E.

IAC+C2 15%	36,53	14	0,82	A
IAC+C3 15%	36,72	15	0,80	A
IAC+C3 20%	37,22	15	0,80	A
IAC+C1 8%	37,97	14	0,82	A
IAC+C1 6%	38,33	15	0,80	A
IAC	38,70	15	0,80	A
IAC+C2 20%	39,63	14	0,82	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
10 ddsc b		103	0,07	0,01	30,03

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2577,15	6	429,53	1,12	0,3546
Tratamiento	2577,15	6	429,53	1,12	0,3546
Error	36705,59	96	382,35		
Total	39282,75	102			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=14,7171

Error: 382,3499 gl: 96

Tratamiento Medias n E.E.

IAC+ C3 20%	61,23	15	5,05	A
IAC+ C3 15%	62,33	15	5,05	A
IAC	62,89	15	5,05	A
IAC+ C2 15%	63,81	14	5,23	A
IAC+C1 6%	64,33	15	5,05	A
IAC+ C1 8%	64,57	15	5,05	A
IAC+C2 20%	77,43	14	5,23	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara	h°	102	0,10	0,05	3,66

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	145,18	6	24,20	1,83	0,1010
Tratamiento	145,18	6	24,20	1,83	0,1010
Error	1254,88	95	13,21		
Total	1400,07	101			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=2,7355

Error: 13,2093 gl: 95

Tratamiento Medias n E.E.

IAC	97,80	15	0,94	A
IAC+C1 6%	98,36	15	0,94	A
IAC+C2 20%	98,45	14	0,97	A
IAC+C3 15%	99,14	15	0,94	A
IAC+C3 20%	99,41	15	0,94	A
IAC+C2 15%	100,93	14	0,97	A
IAC+C1 8%	101,20	14	0,97	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

h°

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
10 ddsc	h°	103	0,03	0,00	3,36

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	17,73	6	2,96	0,48	0,8221
Tratamiento	17,73	6	2,96	0,48	0,8221
Error	591,72	96	6,16		
Total	609,45	102			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=1,8686

Error: 6,1637 gl: 96

Tratamiento Medias n E.E.

IAC+ C3 15%	73,28	15	0,64	A
IAC+C1 6%	73,35	15	0,64	A
IAC	73,39	15	0,64	A
IAC+ C2 15%	74,02	14	0,66	A
IAC+C2 20%	74,17	14	0,66	A
IAC+ C1 8%	74,20	15	0,64	A
IAC+ C3 20%	74,26	15	0,64	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara	Chroma	102	0,11	0,05	8,01

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	107,19	6	17,86	1,87	0,0933
Tratamiento	107,19	6	17,86	1,87	0,0933
Error	905,85	95	9,54		
Total	1013,03	101			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=2,3241

Error: 9,5352 gl: 95

Tratamiento Medias n E.E.

IAC+C3 15%	37,27	15	0,80	A
IAC+C2 15%	37,33	14	0,83	A
IAC+C3 20%	37,82	15	0,80	A
IAC+C1 6%	38,88	15	0,80	A
IAC	39,16	15	0,80	A
IAC+C1 8%	39,41	14	0,83	A
IAC+C2 20%	40,15	14	0,83	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Chroma

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
10 ddsc	Chroma	103	0,06	4,7E-03	28,76

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2484,02	6	414,00	1,08	0,3798
Tratamiento	2484,02	6	414,00	1,08	0,3798
Error	36790,94	96	383,24		
Total	39274,96	102			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=14,7342

Error: 383,2390 gl: 96

Tratamiento Medias n E.E.

IAC+ C3 20%	63,78	15	5,05	A
IAC+ C3 15%	65,15	15	5,05	A
IAC+ C2 15%	66,47	14	5,23	A
IAC	67,08	15	5,05	A
IAC+ C1 8%	67,21	15	5,05	A
IAC+C1 6%	67,41	15	5,05	A
IAC+C2 20%	80,06	14	5,23	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara	Porcentaje color amarillo	205	0,02	0,00	27,31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	235,71	6	39,29	0,52	0,7907
Tratamiento	235,71	6	39,29	0,52	0,7907
Error	14879,58	198	75,15		
Total	15115,30	204			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=4,6522

Error: 75,1494 gl: 198

Tratamiento Medias n E.E.

IAC+C1 6%	30,17	29	1,61	A
IAC+C3 15%	30,87	30	1,58	A
IAC+C2 15%	31,38	29	1,61	A
IAC+C1 8%	31,38	29	1,61	A
IAC+C3 20%	32,00	30	1,58	A
IAC	32,87	30	1,58	A
IAC+C2 20%	33,57	28	1,64	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Análisis de la varianza

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
10 ddsc	Porcentaje color amarillo	103	0,11	0,05	8,85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	671,19	6	111,87	1,98	0,0762
Tratamiento	671,19	6	111,87	1,98	0,0762
Error	5428,81	96	56,55		
Total	6100,00	102			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=5,6599

Error: 56,5501 gl: 96

Tratamiento Medias n E.E.

IAC+C3 20%	80,33	15	1,94	A
IAC+C3 15%	84,00	15	1,94	A
IAC+C1 8%	84,00	15	1,94	A
IAC+C2 20%	85,36	14	2,01	A
IAC+C1 6%	86,00	15	1,94	A
IAC+C2 15%	86,07	14	2,01	A
IAC	89,33	15	1,94	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara	°Brix	102	0,14	0,09	10,27

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	20,99	6	3,50	2,56	0,0240
Tratamiento	20,99	6	3,50	2,56	0,0240
Error	129,61	95	1,36		
Total	150,60	101			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,8524

Error: 1,3643 gl: 95

Tratamiento	Medias	n	E.E.
IAC+C2 15%	10,73	14	0,31 A
IAC+C3 20%	11,04	15	0,30 A
IAC+C3 15%	11,11	15	0,30 A
IAC+C1 8%	11,16	14	0,31 A
IAC	11,62	15	0,30 B
IAC+C2 20%	11,92	14	0,31 B
IAC+C1 6%	12,04	15	0,30 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
10 ddsc	°Brix	103	0,02	0,00	9,29

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,92	6	0,32	0,32	0,9268
Tratamiento	1,92	6	0,32	0,32	0,9268
Error	97,17	96	1,01		
Total	99,09	102			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,7572

Error: 1,0122 gl: 96

Tratamiento	Medias	n	E.E.
IAC+C1 6%	10,65	15	0,26 A
IAC+ C3 15%	10,71	15	0,26 A
IAC+C2 20%	10,72	14	0,27 A
IAC+ C3 20%	10,83	15	0,26 A
IAC	10,87	15	0,26 A
IAC+ C1 8%	10,97	15	0,26 A
IAC+ C2 15%	11,06	14	0,27 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Entrada a cámara	Respiración	28	0,44	0,28	22,97

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	275,67	6	45,94	2,75	0,0391
Tratamiento	275,67	6	45,94	2,75	0,0391
Error	350,31	21	16,68		
Total	625,98	27			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=6,1500

Error: 16,6815 gl: 21

Tratamiento	Medias	n	E.E.
IAC+C3 20%	14,58	4	2,04 A
IAC+C3 15%	14,88	4	2,04 A
IAC+C2 20%	15,80	4	2,04 A
IAC+C1 6%	17,38	4	2,04 A
IAC+C2 15%	17,50	4	2,04 A
IAC	20,25	4	2,04 B
IAC+C1 8%	24,10	4	2,04 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)



Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
7 ddec	Respiración	28	0,14	0,00	24,77

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	27,82	6	4,64	0,58	0,7399
Tratamiento	27,82	6	4,64	0,58	0,7399
Error	167,03	21	7,95		
Total	194,85	27			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=4,4348

Error: 7,9538 gl: 21

Tratamiento	Medias	n	E.E.
IAC+C3 20%	9,70	4	1,41 A
IAC+C1 8%	10,33	4	1,41 A
IAC+C2 20%	10,88	4	1,41 A
IAC	12,05	4	1,41 A
IAC+C3 15%	12,08	4	1,41 A
IAC+C2 15%	12,33	4	1,41 A
IAC+C1 6%	12,35	4	1,41 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara	Respiración	28	0,12	0,00	22,02

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	23,89	6	3,98	0,46	0,8268
Tratamiento	23,89	6	3,98	0,46	0,8268
Error	180,10	21	8,58		
Total	203,99	27			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=4,6051

Error: 8,5761 gl: 21

Tratamiento	Medias	n	E.E.
IAC+C1 6%	11,83	4	1,46 A
IAC+C3 20%	12,25	4	1,46 A
IAC+C2 15%	12,98	4	1,46 A
IAC	13,58	4	1,46 A
IAC+C1 8%	13,85	4	1,46 A
IAC+C2 20%	13,98	4	1,46 A
IAC+C3 15%	14,63	4	1,46 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
6 ddsc	Respiración	24	0,34	0,16	41,63

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1664,69	5	332,94	1,85	0,1530
Tratamiento	1664,69	5	332,94	1,85	0,1530
Error	3232,69	18	179,59		
Total	4897,38	23			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=21,3348

Error: 179,5939 gl: 18

Tratamiento	Medias	n	E.E.
IAC+C2 20%	20,18	4	6,70 A
IAC+C1 6%	24,90	4	6,70 A
IAC+C1 8%	32,53	4	6,70 A
IAC	32,68	4	6,70 A
IAC+C3 15%	36,58	4	6,70 A
IAC+C2 15%	46,30	4	6,70 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara	Perdida de peso	70	0,09	6,8E-04	17,87

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,57	6	0,10	1,01	0,4283
Tratamiento	0,57	6	0,10	1,01	0,4283
Error	5,98	63	0,09		
Total	6,55	69			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,2871

Error: 0,0949 gl: 63

Tratamiento Medias n E.E.

IAC+C1	6%	-1,84	10	0,10	A
IAC+C1	8%	-1,80	10	0,10	A
IAC+C2	15%	-1,79	10	0,10	A
IAC		-1,75	10	0,10	A
IAC+C3	20%	-1,67	10	0,10	A
IAC+C2	20%	-1,63	10	0,10	A
IAC+C3	15%	-1,58	10	0,10	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
10 ddsc	Perdida de peso	70	0,07	0,00	49,29

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	20,09	6	3,35	0,84	0,5440
Tratamiento	20,09	6	3,35	0,84	0,5440
Error	251,23	63	3,99		
Total	271,33	69			

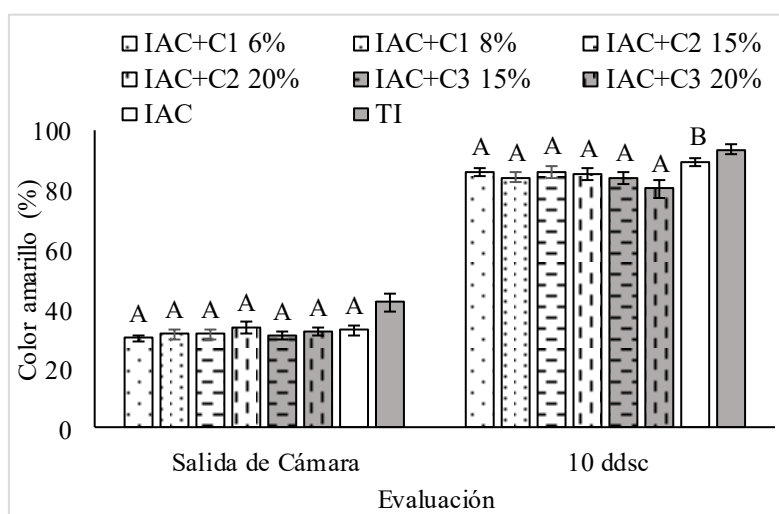
Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=1,8616

Error: 3,9878 gl: 63

Tratamiento Medias n E.E.

IAC+C2	15%	-5,22	10	0,63	A
IAC+C3	15%	-4,23	10	0,63	A
IAC+C1	6%	-4,12	10	0,63	A
IAC+C1	8%	-3,91	10	0,63	A
IAC+C2	20%	-3,81	10	0,63	A
IAC		-3,64	10	0,63	A
IAC+C3	20%	-3,44	10	0,63	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )



Anexo 10. Porcentaje de color amarillo en papayas híbrido de Pococí tratamientos durante las evaluaciones de salida de cámara y 10 días después de salida de cámara (10 ddsc). IAC: inmersión en agua caliente 54°C 4 min. C1, C2 y C3: diferentes ceras en diferentes dosis (%), TI: testigo inoculado. Datos corresponden al ensayo 2 inmersión en agua caliente en combinación con ceras *Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes ( $p>0,05$ ) según prueba DGC. Barras corresponden a error estándar.*

Anexo 11. Pérdida de peso acumulado en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones de salida de cámara y 10 días después de salida de cámara (10 ddsc) en los tratamientos aplicados. Datos corresponden al ensayo 2 inmersión en agua caliente en combinación con ceras.

Tratamiento	Pérdida de peso acumulado	
	Evaluación	
	Salida de cámara	10 ddsc
IAC	1,7 ±0,08 A	3,6±0,14 A
Testigo Inoculado	1,6±0,1 A	9,4±2,88 B
IAC+Cera 1 6%	1,8±0,09 A	4,1±0,39 A
IAC+Cera 1 8%	1,8±0,11 A	3,9±0,40 A
IAC+Cera 2 15%	1,8±0,11 A	5,7±1,31 A
IAC+Cera 2 20%	1,6±0,07 A	3,8±0,21 A
IAC+Cera 3 15%	1,6±0,1 A	4,2±0,81 A
IAC+Cera 3 20%	1,6±0,1 A	3,4±0,23 A

IAC: Inmersión en agua caliente 54°C 4 min. *Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes (p>0,05) según prueba DGC.*

Anexo 12. Análisis estadístico de las variables del ensayo 3 inmersión en agua caliente en combinación con sustancias alternativas. Se adjunta para las variables que superaron los supuestos básicos (homogeneidad de varianzas y normalidad) el correspondiente análisis de varianza y para las variables que no superaron los supuestos básicos la prueba de Kruskal Wallis.

### Variables fitosanitarias

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Salida de cámara	IMP	Cloruro de calcio	54	0,37	0,49	0,00	6,24	0,0092
Salida de cámara	IMP	IAC	54	0,09	0,29	0,00		
Salida de cámara	IMP	Quitosano	54	0,24	0,43	0,00		
Salida de cámara	IMP	Tomillo	54	0,24	0,43	0,00		

Trat.	Ranks
IAC	93,00 A
Tomillo	109,00 A B
Quitosano	109,00 A B
Cloruro de calcio	123,00 B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)*

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
10 ddsc	IMP	Cloruro Calcio	27	0,96	0,19	1,00	2,86	0,0560
10 ddsc	IMP	E. Tomillo	27	0,70	0,47	1,00		
10 ddsc	IMP	IAC	27	0,89	0,32	1,00		
10 ddsc	IMP	Quitosano	27	0,85	0,36	1,00		

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Salida de cámara	SMP	Cloruro de calcio	54	1,59	3,80	0,00	4,38	0,0403
Salida de cámara	SMP	IAC	54	0,33	1,52	0,00		
Salida de cámara	SMP	Quitosano	54	0,74	2,28	0,00		
Salida de cámara	SMP	Tomillo	54	1,43	3,56	0,00		

Trat.	Ranks
IAC	94,21 A
Quitosano	109,66 A B
Tomillo	111,50 A B
Cloruro de calcio	118,63 B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)*

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
10 ddsc	SMP	Cloruro Calcio	27	31,44	31,76	25,00	0,61	0,8921
10 ddsc	SMP	E. Tomillo	27	30,41	34,83	15,00		
10 ddsc	SMP	IAC	27	29,19	31,12	15,00		
10 ddsc	SMP	Quitosano	27	24,00	27,71	12,00		

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Salida de cámara IPP		Cloruro de calcio	54	0,00	0,00	0,00	1,33	0,0061
Salida de cámara IPP		IAC	54	0,11	0,32	0,00		
Salida de cámara IPP		Quitosano	54	0,00	0,00	0,00		
Salida de cámara IPP		Tomillo	54	0,04	0,19	0,00		

Trat.	Ranks
Cloruro de calcio	104,50 A
Quitosano	104,50 A
Tomillo	108,50 A
IAC	116,50 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
10 ddsc IPP		Cloruro Calcio	27	0,74	0,45	1,00	2,50	0,3150
10 ddsc IPP		E. Tomillo	27	0,56	0,51	1,00		
10 ddsc IPP		IAC	27	0,67	0,48	1,00		
10 ddsc IPP		Quitosano	27	0,52	0,51	1,00		

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Salida de cámara SPP		Cloruro de calcio	54	0,00	0,00	0,00	1,31	0,0066
Salida de cámara SPP		IAC	54	0,65	2,39	0,00		
Salida de cámara SPP		Quitosano	54	0,00	0,00	0,00		
Salida de cámara SPP		Tomillo	54	0,46	2,43	0,00		

Trat.	Ranks
Cloruro de calcio	104,50 A
Quitosano	104,50 A
Tomillo	108,58 A
IAC	116,42 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
10 ddsc SPP		Cloruro Calcio	27	54,81	41,17	50,00	2,05	0,5235
10 ddsc SPP		E. Tomillo	27	39,81	43,95	20,00		
10 ddsc SPP		IAC	27	53,52	43,76	70,00		
10 ddsc SPP		Quitosano	27	43,70	46,26	30,00		

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Salida de cámara I. Antracnosis		Cloruro de calcio	54	0,09	0,29	0,00	0,26	0,7792
Salida de cámara I. Antracnosis		IAC	54	0,09	0,29	0,00		
Salida de cámara I. Antracnosis		Quitosano	54	0,06	0,23	0,00		
Salida de cámara I. Antracnosis		Tomillo	54	0,11	0,32	0,00		

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
10 ddsc I.	Antracnosis	Cloruro Calcio	27	0,67	0,48	1,00	6,47	0,0070
10 ddsc I.	Antracnosis	E. Tomillo	27	0,93	0,27	1,00		
10 ddsc I.	Antracnosis	IAC	27	0,59	0,50	1,00		
10 ddsc I.	Antracnosis	Quitosano	27	0,89	0,32	1,00		

Trat.	Ranks
IAC	45,00 A
Cloruro Calcio	49,00 A B
Quitosano	61,00 A B
E. Tomillo	63,00 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Salida de cámara S.	Antracnosis	Cloruro de calcio	54	0,13	0,48	0,00	0,27	0,7691
Salida de cámara S.	Antracnosis	IAC	54	0,13	0,48	0,00		
Salida de cámara S.	Antracnosis	Quitosano	54	0,09	0,45	0,00		
Salida de cámara S.	Antracnosis	Tomillo	54	0,22	0,72	0,00		

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
10 ddsc S.	Antracnosis	Cloruro Calcio	27	10,52	19,95	1,00	16,16	0,0009
10 ddsc S.	Antracnosis	E. Tomillo	27	15,56	17,47	8,00		
10 ddsc S.	Antracnosis	IAC	27	5,33	12,11	1,00		
10 ddsc S.	Antracnosis	Quitosano	27	8,37	12,43	3,00		

Trat.	Ranks
IAC	40,39 A
Cloruro Calcio	48,54 A
Quitosano	55,85 A
E. Tomillo	73,22 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

## VARIABLES DE CALIDAD

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara	Firmeza Externa	108	0,15	0,13	40,22

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	13398,33	3	4466,11	6,36	0,0005
Tratamiento	13398,33	3	4466,11	6,36	0,0005
Error	73076,74	104	702,66		
Total	86475,07	107			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=14,8706

Error: 702,6610 gl: 104

Tratamiento	Medias	n	E.E.
E. Tomillo	52,52	27	5,10 A
Quitosano	57,56	27	5,10 A
IAC	74,44	27	5,10 B
Cloruro de calcio	79,11	27	5,10 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara	Firmeza Interna	108	0,17	0,14	49,71

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	13549,58	3	4516,53	6,91	0,0003
Tratamiento	13549,58	3	4516,53	6,91	0,0003
Error	67936,67	104	653,24		
Total	81486,25	107			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=14,3381

Error: 653,2372 gl: 104

Tratamiento	Medias	n	E.E.
E. Tomillo	38,44	27	4,92 A
Quitosano	42,56	27	4,92 A
IAC	59,44	27	4,92 B
Cloruro de calcio	65,22	27	4,92 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
10 ddsc	Firmeza Externa	107	0,11	0,09	69,72

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1452,10	3	484,03	4,43	0,0057
Tratamiento	1452,10	3	484,03	4,43	0,0057
Error	11250,89	103	109,23		
Total	12702,99	106			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=5,8632

Error: 109,2319 gl: 103

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Quitosano	10,81	27	2,01 A
Cloruro de calcio	13,96	26	2,05 A
E. Tomillo	14,26	27	2,01 A
IAC	20,89	27	2,01 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
10 ddsc	Firmeza Interna	107	0,09	0,06	92,49

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	714,88	3	238,29	3,35	0,0218
Tratamiento	714,88	3	238,29	3,35	0,0218
Error	7315,78	103	71,03		
Total	8030,65	106			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=4,7279

Error: 71,0270 gl: 103

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Quitosano	6,33	27	1,62 A
Cloruro de calcio	8,04	26	1,65 A
E. Tomillo	8,74	27	1,62 A
IAC	13,30	27	1,62 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara 1		108	2,1E-03	0,00	6,91

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,81	3	0,60	0,07	0,9744
Tratamiento	1,81	3	0,60	0,07	0,9744
Error	861,78	104	8,29		
Total	863,59	107			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=1,6149

Error: 8,2864 gl: 104

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Cloruro de calcio	41,53	27	0,55 A
E. Tomillo	41,55	27	0,55 A
IAC	41,72	27	0,55 A
Quitosano	41,84	27	0,55 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara a		108	0,02	0,00	16,61

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4,30	3	1,43	0,72	0,5438
Tratamiento	4,30	3	1,43	0,72	0,5438
Error	207,91	104	2,00		
Total	212,21	107			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,7932

Error: 1,9991 gl: 104

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Quitosano	-8,72	27	0,27 A
Cloruro de calcio	-8,61	27	0,27 A
E. Tomillo	-8,52	27	0,27 A
IAC	-8,19	27	0,27 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara b		108	0,04	0,01	12,82

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	60,04	3	20,01	1,40	0,2463
Tratamiento	60,04	3	20,01	1,40	0,2463
Error	1483,96	104	14,27		
Total	1544,00	107			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=2,1191

Error: 14,2689 gl: 104

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Cloruro de calcio	28,54	27	0,73 A
IAC	29,12	27	0,73 A
Quitosano	29,66	27	0,73 A
E. Tomillo	30,56	27	0,73 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)



Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara	h°	108	0,02	0,00	3,54

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	30,50	3	10,17	0,71	0,5455
Tratamiento	30,50	3	10,17	0,71	0,5455
Error	1479,93	104	14,23		
Total	1510,44	107			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=2,1162

Error: 14,2301 gl: 104

Tratamiento	Medias	n	E.E.
E. Tomillo	106,04	27	0,73 A
IAC	106,27	27	0,73 A
Quitosano	106,90	27	0,73 A
Cloruro de calcio	107,39	27	0,73 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara	Chroma	108	0,05	0,02	10,67

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	55,49	3	18,50	1,72	0,1684
Tratamiento	55,49	3	18,50	1,72	0,1684
Error	1121,37	104	10,78		
Total	1176,86	107			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=1,8421

Error: 10,7824 gl: 104

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Cloruro de calcio	29,90	27	0,63 A
IAC	30,40	27	0,63 A
Quitosano	31,01	27	0,63 A
E. Tomillo	31,82	27	0,63 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
10 ddsc	l	107	0,13	0,10	6,53

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	192,92	3	64,31	5,07	0,0026
Tratamiento	192,92	3	64,31	5,07	0,0026
Error	1305,86	103	12,68		
Total	1498,78	106			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=1,9975

Error: 12,6783 gl: 103

Tratamiento	Medias	n	E.E.
E. Tomillo	52,86	27	0,69 A
Quitosano	53,69	27	0,69 A
Cloruro de calcio	55,73	26	0,70 B
IAC	56,03	27	0,69 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
10 ddsc a		107	0,11	0,09	49,88

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	293,52	3	97,84	4,39	0,0060
Tratamiento	293,52	3	97,84	4,39	0,0060
Error	2295,96	103	22,29		
Total	2589,48	106			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=2,6486

Error: 22,2909 gl: 103

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Quitosano	7,78	27	0,91 A
E. Tomillo	8,04	27	0,91 A
IAC	10,34	27	0,91 B
Cloruro de calcio	11,80	26	0,93 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
10 ddsc b		107	0,08	0,06	10,51

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	272,00	3	90,67	3,08	0,0309
Tratamiento	272,00	3	90,67	3,08	0,0309
Error	3035,85	103	29,47		
Total	3307,86	106			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=3,0456

Error: 29,4743 gl: 103

Tratamiento	Medias	n	E.E.
E. Tomillo	49,64	27	1,04 A
Quitosano	50,65	27	1,04 A
IAC	52,93	27	1,04 B
Cloruro de calcio	53,52	26	1,06 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
10 ddsc h°		107	0,11	0,08	5,92

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	287,53	3	95,84	4,24	0,0072
Tratamiento	287,53	3	95,84	4,24	0,0072
Error	2328,22	103	22,60		
Total	2615,76	106			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=2,6672

Error: 22,6041 gl: 103

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Cloruro de calcio	77,97	26	0,93 A
IAC	79,52	27	0,91 A
E. Tomillo	81,51	27	0,91 B
Quitosano	82,13	27	0,91 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
10 ddsc	Chroma	107	0,09	0,06	11,30

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	353,81	3	117,94	3,32	0,0228
Tratamiento	353,81	3	117,94	3,32	0,0228
Error	3661,23	103	35,55		
Total	4015,04	106			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=3,3447

Error: 35,5459 gl: 103

Tratamiento	Medias	n	E.E.
E. Tomillo	50,52	27	1,15 A
Quitosano	51,50	27	1,15 A
IAC	54,13	27	1,15 B
Cloruro de calcio	54,95	26	1,17 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara	Porcentaje color amarillo	216	0,04	0,03	39,08

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	841,67	3	280,56	3,15	0,0261
Tratamiento	841,67	3	280,56	3,15	0,0261
Error	18908,33	212	89,19		
Total	19750,00	215			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=3,7037

Error: 89,1903 gl: 212

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Quitosano	21,39	54	1,29 A
Cloruro de calcio	23,24	54	1,29 A
IAC	25,74	54	1,29 B
Tomillo	26,30	54	1,29 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
10 ddsc	Porcentaje color amarillo	107	0,18	0,15	12,87

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2190,11	3	730,04	7,45	0,0001
Tratamiento	2190,11	3	730,04	7,45	0,0001
Error	10092,13	103	97,98		
Total	12282,24	106			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=5,5530

Error: 97,9818 gl: 103

Tratamiento	Medias	n	E.E.
E. Tomillo	72,22	27	1,90 A
Quitosano	72,78	27	1,90 A
IAC	80,37	27	1,90 B
Cloruro Calcio	82,50	26	1,94 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Entrada a cámara	Tasa respiratoria	24	0,50	0,42	16,08

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	138,01	3	46,00	6,63	0,0027
Tratamiento	138,01	3	46,00	6,63	0,0027
Error	138,80	20	6,94		
Total	276,81	23			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=3,3652

Error: 6,9400 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Quitosano	12,85	6	1,08 A
Cloruro Calcio	16,22	6	1,08 B
E. Tomillo	16,88	6	1,08 B
IAC	19,58	6	1,08 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
7 ddec	Tasa respiratoria	24	0,24	0,12	31,52

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	66,69	3	22,23	2,05	0,1390
Tratamiento	66,69	3	22,23	2,05	0,1390
Error	216,71	20	10,84		
Total	283,40	23			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=4,2049

Error: 10,8355 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Cloruro Calcio	7,57	6	1,34 A
IAC	11,15	6	1,34 A
Quitosano	11,52	6	1,34 A
E. Tomillo	11,53	6	1,34 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara	Tasa respiratoria	24	0,02	0,00	31,30

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3,15	3	1,05	0,12	0,9477
Tratamiento	3,15	3	1,05	0,12	0,9477
Error	175,90	20	8,79		
Total	179,05	23			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=3,7883

Error: 8,7948 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Cloruro Calcio	8,97	6	1,21 A
E. Tomillo	9,30	6	1,21 A
IAC	9,78	6	1,21 A
Quitosano	9,85	6	1,21 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
7 ddsc	Tasa respiratoria	48	0,13	0,08	30,48

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	825,39	3	275,13	2,28	0,0921
Tratamiento	825,39	3	275,13	2,28	0,0921
Error	5299,41	44	120,44		
Total	6124,80	47			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=9,4377

Error: 120,4411 gl: 44

Tratamiento	Medias	n	E.E.
IAC	31,53	12	3,17 A
Cloruro Calcio	32,59	12	3,17 A
Quitosano	38,20	12	3,17 A
E. Tomillo	41,68	12	3,17 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara	°Brix	108	0,04	0,01	8,43

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2,83	3	0,94	1,28	0,2844
Tratamiento	2,83	3	0,94	1,28	0,2844
Error	76,60	104	0,74		
Total	79,44	107			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,4815

Error: 0,7366 gl: 104

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Quitosano	9,96	27	0,17 A
Cloruro Calcio	10,09	27	0,17 A
E. Tomillo	10,27	27	0,17 A
IAC	10,39	27	0,17 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
10 ddsc	°Brix	107	1,6E-03	0,00	7,42

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,08	3	0,03	0,05	0,9833
Tratamiento	0,08	3	0,03	0,05	0,9833
Error	52,13	103	0,51		
Total	52,21	106			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,3991

Error: 0,5061 gl: 103

Tratamiento	Medias	n	E.E.
IAC	9,56	27	0,14 A
Cloruro Calcio	9,59	26	0,14 A
Quitosano	9,59	27	0,14 A
E. Tomillo	9,63	27	0,14 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara	Perdida de peso	71	0,13	0,09	21,71

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3,41	3	1,14	3,27	0,0266
Tratamiento	3,41	3	1,14	3,27	0,0266
Error	23,34	67	0,35		
Total	26,75	70			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,4084

Error: 0,3483 gl: 67

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Quitosano	-3,00	18	0,14 A
E. Tomillo	-2,85	18	0,14 A
IAC	-2,54	18	0,14 B
Cloruro Calcio	-2,47	17	0,14 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
10 ddsc	Perdida de peso	71	0,07	0,03	22,72

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7,55	3	2,52	1,71	0,1728
Tratamiento	7,55	3	2,52	1,71	0,1728
Error	98,49	67	1,47		
Total	106,04	70			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,8390

Error: 1,4700 gl: 67

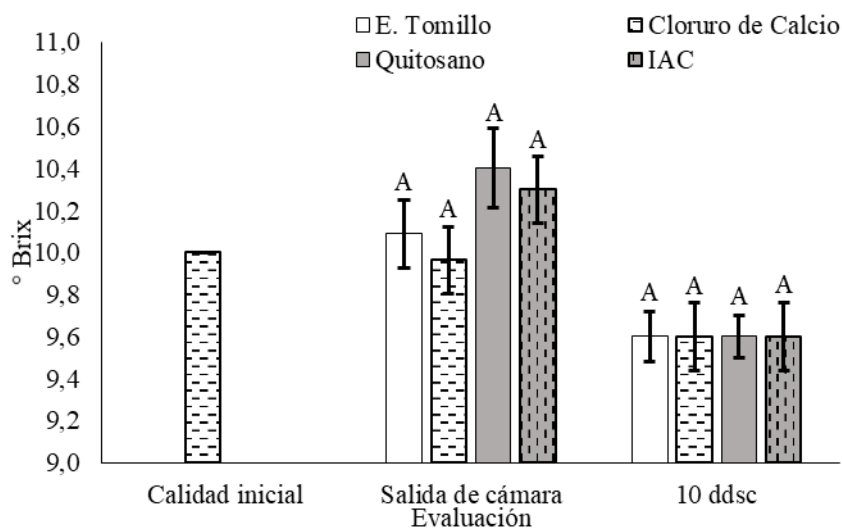
Tratamiento	Medias	n	E.E.
Quitosano	-5,74	18	0,29 A
E. Tomillo	-5,57	18	0,29 A
Cloruro Calcio	-5,05	17	0,29 A
IAC	-4,98	18	0,29 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Anexo 13. Medias  $\pm$  error estándar de las variables de color L\*, a\*, b\*, °hue, \*C en papayas híbrido Pococí durante la evaluación salida de cámara en los tratamientos aplicados. Datos corresponden al ensayo 3 inmersión en agua caliente en combinación con sustancias alternativas.

Evaluación					
Salida de cámara					
Trat.	L*	a*	b*	°hue	*C
IAC+ Extracto de tomillo al 1%	41,55 $\pm$ 0,55 A	-8,52 $\pm$ 0,25 A	30,56 $\pm$ 0,71 A	106,04 $\pm$ 0,68 A	31,82 $\pm$ 0,65 A
IAC+ Cloruro de calcio al 2,5%	41,53 $\pm$ 0,59 A	-8,61 $\pm$ 0,22 A	28,54 $\pm$ 0,74 A	107,39 $\pm$ 0,66 A	29,9 $\pm$ 0,67 A
IAC+ Quitosano al 1%	41,84 $\pm$ 0,5 A	-8,72 $\pm$ 0,17 A	29,66 $\pm$ 0,62 A	106,9 $\pm$ 0,54 A	31,01 $\pm$ 0,58 A
IAC	41,72 $\pm$ 0,57 A	-8,19 $\pm$ 0,4 A	29,12 $\pm$ 0,83 A	106,26 $\pm$ 0,95 A	30,39 $\pm$ 0,63 A

IAC: Inmersión en agua caliente 54°C 4 min. *Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) según prueba DGC.*



Anexo 14. Grados brix en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones salida de cámara y 10 días después de salida de cámara (10 ddsc). Datos corresponden al ensayo 3 inmersión en agua caliente en combinación con sustancias alternativas. *Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) según prueba DGC. Barras representan error estándar.*

Anexo 15. Análisis estadístico para el ensayo 4 inmersión en agua caliente en combinación de los mejores tratamientos. Se adjunta para las variables que superaron los supuestos básicos (homogeneidad de varianzas y normalidad) el correspondiente análisis de varianza y para las variables que no superaron los supuestos básicos la prueba de Kruskal Wallis.

#### Variables fitosanitarias

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Salida de cámara	IMP	IAC + Quitosano	54	0,37	0,49	0,00	5,86	0,0136
Salida de cámara	IMP	IAC+Cera	54	0,30	0,50	0,00		
Salida de cámara	IMP	IAC+Quitosano+Cera	54	0,20	0,41	0,00		
Salida de cámara	IMP	Testigo químico	54	0,11	0,32	0,00		

Trat.	Ranks
Testigo químico	94,44 A
IAC+Quitosano+Cera	104,40 A B
IAC+Cera	112,84 A B
IAC + Quitosano	122,31 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
7 ddsc	IMP	IAC+ Cera	27	1,00	0,00	1,00	0,00	sd
7 ddsc	IMP	IAC+ Quitosano	27	1,00	0,00	1,00		
7 ddsc	IMP	IAC+Quitosano+Cera	27	1,00	0,00	1,00		
7 ddsc	IMP	Testigo químico	27	1,00	0,00	1,00		

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Salida de cámara	SMP	IAC + Quitosano	54	0,78	1,38	0,00	4,94	0,0303
Salida de cámara	SMP	IAC+Cera	54	0,85	1,63	0,00		
Salida de cámara	SMP	IAC+Quitosano+Cera	54	0,41	1,06	0,00		
Salida de cámara	SMP	Testigo químico	54	0,41	1,56	0,00		

Trat.	Ranks
Testigo químico	95,53 A
IAC+Quitosano+Cera	103,98 A B
IAC+Cera	114,47 A B
IAC + Quitosano	120,02 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
7 ddsc	SMP	IAC+ Cera	27	23,41	20,13	20,00	7,77	0,0499
7 ddsc	SMP	IAC+ Quitosano	27	21,48	22,40	15,00		
7 ddsc	SMP	IAC+Quitosano+Cera	27	40,04	29,74	35,00		
7 ddsc	SMP	Testigo químico	27	24,67	28,74	10,00		

Trat.	Ranks
Testigo químico	47,41 A
IAC+ Quitosano	48,63 A
IAC+ Cera	53,44 A B
IAC+Quitosano+Cera	68,52 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )



Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Salida de cámara IPP	IPP	IAC + Quitosano	54	0,02	0,14	0,00	0,28	0,3323
Salida de cámara IPP	IPP	IAC+Cera	54	0,00	0,00	0,00		
Salida de cámara IPP	IPP	IAC+Quitosano+Cera	54	0,04	0,19	0,00		
Salida de cámara IPP	IPP	Testigo químico	54	0,06	0,23	0,00		

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
7 ddsc IPP	IPP	IAC+ Cera	27	0,85	0,36	1,00	3,61	0,0801
7 ddsc IPP	IPP	IAC+ Quitosano	27	0,63	0,49	1,00		
7 ddsc IPP	IPP	IAC+Quitosano+Cera	27	0,89	0,32	1,00		
7 ddsc IPP	IPP	Testigo químico	27	0,70	0,47	1,00		

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Salida de cámara SPP	SPP	IAC + Quitosano	54	0,93	6,80	0,00	0,27	0,3417
Salida de cámara SPP	SPP	IAC+Cera	54	0,00	0,00	0,00		
Salida de cámara SPP	SPP	IAC+Quitosano+Cera	54	0,83	5,47	0,00		
Salida de cámara SPP	SPP	Testigo químico	54	0,33	1,55	0,00		

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
7 ddsc SPP	SPP	IAC+ Cera	27	51,56	36,47	50,00	5,14	0,1513
7 ddsc SPP	SPP	IAC+ Quitosano	27	42,59	41,19	40,00		
7 ddsc SPP	SPP	IAC+Quitosano+Cera	27	66,85	34,78	80,00		
7 ddsc SPP	SPP	Testigo químico	27	49,59	45,52	50,00		

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Salida de cámara I. Antracnosis	I. Antracnosis	IAC + Quitosano	54	0,41	0,50	0,00	19,51	<0,0001
Salida de cámara I. Antracnosis	I. Antracnosis	IAC+Cera	54	0,56	0,50	1,00		
Salida de cámara I. Antracnosis	I. Antracnosis	IAC+Quitosano+Cera	54	0,56	0,50	1,00		
Salida de cámara I. Antracnosis	I. Antracnosis	Testigo químico	54	0,13	0,34	0,00		

Trat.	Ranks
Testigo químico	78,00 A
IAC + Quitosano	108,00 B
IAC+Quitosano+Cera	124,00 B
IAC+Cera	124,00 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
7 ddsc I. Antracnosis	I. Antracnosis	IAC+ Cera	27	1,00	0,00	1,00	4,05	0,0001
7 ddsc I. Antracnosis	I. Antracnosis	IAC+ Quitosano	27	1,00	0,00	1,00		
7 ddsc I. Antracnosis	I. Antracnosis	IAC+Quitosano+Cera	27	1,00	0,00	1,00		
7 ddsc I. Antracnosis	I. Antracnosis	Testigo químico	27	0,74	0,45	1,00		

Trat.	Ranks
Testigo químico	44,00 A
IAC+Quitosano+Cera	58,00 A
IAC+ Quitosano	58,00 A
IAC+ Cera	58,00 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Salida de cámara S.	Antracnosis	IAC + Quitosano	54	1,44	2,57	0,00	17,14	0,0001
Salida de cámara S.	Antracnosis	IAC+Cera	54	1,65	3,18	1,00		
Salida de cámara S.	Antracnosis	IAC+Quitosano+Cera	54	1,65	3,11	1,00		
Salida de cámara S.	Antracnosis	Testigo químico	54	0,37	1,12	0,00		

Trat.	Ranks
Testigo químico	79,05 A
IAC + Quitosano	110,94 B
IAC+Cera	121,07 B
IAC+Quitosano+Cera	122,94 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
7 ddsc S.	Antracnosis	IAC+ Cera	27	12,37	11,10	8,00	20,68	0,0001
7 ddsc S.	Antracnosis	IAC+ Quitosano	27	11,59	12,85	8,00		
7 ddsc S.	Antracnosis	IAC+Quitosano+Cera	27	11,93	10,93	8,00		
7 ddsc S.	Antracnosis	Testigo químico	27	3,52	3,63	3,00		

Trat.	Ranks
Testigo químico	31,31 A
IAC+ Quitosano	58,13 B
IAC+Quitosano+Cera	62,11 B
IAC+ Cera	66,44 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

## VARIABLES DE CALIDAD

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara	1	108	0,06	0,04	7,24

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	90,71	3	30,24	2,37	0,0750
Tratamiento	90,71	3	30,24	2,37	0,0750
Error	1327,75	104	12,77		
Total	1418,45	107			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=2,0045

Error: 12,7668 gl: 104

Tratamiento	Medias	n	E.E.
IAC + Quitosano	48,39	27	0,69 A
IAC + Cera + Quitosano	48,78	27	0,69 A
IAC+ Cera	49,54	27	0,69 A
Testigo comercial	50,79	27	0,69 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara a		108	0,09	0,06	89,74

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	87,26	3	29,09	3,22	0,0256
Tratamiento	87,26	3	29,09	3,22	0,0256
Error	938,19	104	9,02		
Total	1025,45	107			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=1,6770

Error: 9,0210 gl: 104

Tratamiento	Medias	n	E.E.
IAC + Cera + Quitosano	-4,29	27	0,58 A
IAC + Quitosano	-4,08	27	0,58 A
IAC+ Cera	-2,95	27	0,58 B
Testigo comercial	-2,06	27	0,58 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara b		108	0,02	0,00	12,27

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	51,32	3	17,11	0,72	0,5447
Tratamiento	51,32	3	17,11	0,72	0,5447
Error	2485,65	104	23,90		
Total	2536,98	107			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=2,7426

Error: 23,9005 gl: 104

Tratamiento	Medias	n	E.E.
IAC + Quitosano	39,09	27	0,94 A
IAC+ Cera	39,62	27	0,94 A
IAC + Cera + Quitosano	39,75	27	0,94 A
Testigo comercial	40,97	27	0,94 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara h°		108	0,07	0,05	4,85

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	178,77	3	59,59	2,77	0,0453
Tratamiento	178,77	3	59,59	2,77	0,0453
Error	2236,85	104	21,51		
Total	2415,63	107			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=2,3794

Error: 21,5082 gl: 104

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Testigo comercial	93,80	27	0,89 A
IAC+ Cera	95,18	27	0,89 A
IAC + Quitosano	96,80	27	0,89 B
IAC + Cera + Quitosano	96,94	27	0,89 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara	Chroma	108	0,02	0,00	11,70

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	44,48	3	14,83	0,67	0,5729
Tratamiento	44,48	3	14,83	0,67	0,5729
Error	2304,68	104	22,16		
Total	2349,16	107			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=2,6409

Error: 22,1603 gl: 104

Tratamiento	Medias	n	E.E.
IAC + Quitosano	39,53	27	0,91 A
IAC+ Cera	39,98	27	0,91 A
IAC + Cera + Quitosano	40,18	27	0,91 A
Testigo comercial	41,28	27	0,91 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
7 ddsc 1		108	0,03	0,01	6,09

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	44,80	3	14,93	1,22	0,3045
Tratamiento	44,80	3	14,93	1,22	0,3045
Error	1267,75	104	12,19		
Total	1312,54	107			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=1,9586

Error: 12,1899 gl: 104

Tratamiento	Medias	n	E.E.
IAC + Cera + Quitosano	56,47	27	0,67 A
IAC + Quitosano	57,13	27	0,67 A
Testigo comercial	57,64	27	0,67 A
IAC+ Cera	58,22	27	0,67 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
7 ddsc a		108	0,12	0,09	51,85

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	297,27	3	99,09	4,56	0,0048
Tratamiento	297,27	3	99,09	4,56	0,0048
Error	2261,69	104	21,75		
Total	2558,96	107			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=2,6161

Error: 21,7470 gl: 104

Tratamiento	Medias	n	E.E.
IAC + Cera + Quitosano	6,77	27	0,90 A
IAC + Quitosano	8,43	27	0,90 A
Testigo comercial	9,43	27	0,90 A
IAC+ Cera	11,35	27	0,90 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
7	ddsc b	108	0,03	2,3E-03	10,47

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	96,84	3	32,28	1,08	0,3597
Tratamiento	96,84	3	32,28	1,08	0,3597
Error	3099,91	104	29,81		
Total	3196,74	107			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=3,0628

Error: 29,8068 gl: 104

Tratamiento	Medias	n	E.E.
IAC + Cera + Quitosano	51,02	27	1,05 A
Testigo comercial	51,58	27	1,05 A
IAC + Quitosano	52,34	27	1,05 A
IAC+ Cera	53,55	27	1,05 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
7	ddsc h°	108	0,13	0,10	5,76

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	328,06	3	109,35	5,01	0,0028
Tratamiento	328,06	3	109,35	5,01	0,0028
Error	2268,21	104	21,81		
Total	2596,27	107			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=2,6199

Error: 21,8097 gl: 104

Tratamiento	Medias	n	E.E.
IAC+ Cera	78,69	27	0,90 A
Testigo comercial	80,31	27	0,90 B
IAC + Quitosano	81,79	27	0,90 B
IAC + Cera + Quitosano	83,39	27	0,90 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
7	ddsc Chroma	108	0,04	0,02	11,01

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	159,43	3	53,14	1,55	0,2067
Tratamiento	159,43	3	53,14	1,55	0,2067
Error	3571,15	104	34,34		
Total	3730,58	107			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=3,2873

Error: 34,3380 gl: 104

Tratamiento	Medias	n	E.E.
IAC + Cera + Quitosano	51,80	27	1,13 A
Testigo comercial	52,65	27	1,13 A
IAC + Quitosano	53,36	27	1,13 A
IAC+ Cera	55,10	27	1,13 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara	Porcentaje color amarillo	216	0,11	0,10	32,23

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3723,15	3	1241,05	9,02	<0,0001
Tratamiento	3723,15	3	1241,05	9,02	<0,0001
Error	29160,19	212	137,55		
Total	32883,33	215			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=4,6379

Error: 137,5480 gl: 212

Tratamiento	Medias	n	E.E.
IAC+Quitosano+Cera	31,39	54	1,60 A
IAC + Quitosano	33,70	54	1,60 A
IAC+Cera	38,33	54	1,60 B
Testigo químico	42,13	54	1,60 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
7 ddsc	Porcentaje color amarillo	108	0,10	0,08	15,11

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1472,92	3	490,97	4,06	0,0091
Tratamiento	1472,92	3	490,97	4,06	0,0091
Error	12590,74	104	121,06		
Total	14063,66	107			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=6,1726

Error: 121,0648 gl: 104

Tratamiento	Medias	n	E.E.
IAC+ Quitosano	67,96	27	2,12 A
IAC+Quitosano+Cera	70,74	27	2,12 A
IAC+ Cera	75,19	27	2,12 B
Testigo químico	77,41	27	2,12 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Salida de cámara	Firmeza Externa	IAC + Cera + Quitosano	27	24,00	12,89	19,00	2,01	0,5689
Salida de cámara	Firmeza Externa	IAC + Quitosano	27	28,67	15,79	24,00		
Salida de cámara	Firmeza Externa	IAC+ Cera	27	30,37	19,08	25,00		
Salida de cámara	Firmeza Externa	Testigo comercial	27	36,70	28,73	22,00		

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
7 ddsc	Firmeza Externa	IAC + Cera + Quitosano	27	13,04	6,88	11,00	10,79	0,0125
7 ddsc	Firmeza Externa	IAC + Quitosano	27	12,44	6,57	10,00		
7 ddsc	Firmeza Externa	IAC+ Cera	27	9,93	3,64	9,00		
7 ddsc	Firmeza Externa	Testigo comercial	27	14,81	6,66	14,00		

Trat.	Ranks
IAC+ Cera	41,17 A
IAC + Quitosano	52,07 A
IAC + Cera + Quitosano	55,89 A B
Testigo comercial	68,87 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Salida de cámara	Firmeza Interna	IAC + Cera + Quitosano	27	14,41	10,64	10,67	1,99	0,5734
Salida de cámara	Firmeza Interna	IAC + Quitosano	27	16,86	12,67	14,33		
Salida de cámara	Firmeza Interna	IAC+ Cera	27	20,23	17,97	14,33		
Salida de cámara	Firmeza Interna	Testigo comercial	27	25,73	25,47	13,33		

Fecha	Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
7 ddsc	Firmeza Interna	IAC + Cera + Quitosano	27	7,75	5,02	5,67	12,80	0,0050
7 ddsc	Firmeza Interna	IAC + Quitosano	27	7,80	4,75	6,00		
7 ddsc	Firmeza Interna	IAC+ Cera	27	5,73	1,94	5,33		
7 ddsc	Firmeza Interna	Testigo comercial	27	9,27	5,70	7,67		

Trat.	Ranks
IAC+ Cera	40,43 A
IAC + Cera + Quitosano	53,22 A
IAC + Quitosano	53,59 A
Testigo comercial	70,76 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Entrada a cámara	Tasa Respiratoria	24	0,64	0,59	13,09

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	293,94	3	97,98	11,99	0,0001
Tratamiento	293,94	3	97,98	11,99	0,0001
Error	163,39	20	8,17		
Total	457,33	23			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=3,6511

Error: 8,1692 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.
IAC + Quitosano + Cera	15,98	6	1,17 A
IAC + Quitosano	22,45	6	1,17 B
IAC + Cera	23,82	6	1,17 B
Testigo Comercial	25,07	6	1,17 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
7 ddec	Tasa Respiratoria	24	0,30	0,19	14,17

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	37,48	3	12,49	2,84	0,0641
Tratamiento	37,48	3	12,49	2,84	0,0641
Error	88,10	20	4,41		
Total	125,59	23			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=2,6811

Error: 4,4051 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Testigo Comercial	12,90	6	0,86 A
IAC + Quitosano + Cera	14,50	6	0,86 A
IAC + Quitosano	15,83	6	0,86 A
IAC + Cera	16,02	6	0,86 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara	Tasa Respiratoria	24	0,09	0,00	22,29

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	31,49	3	10,50	0,69	0,5711
Tratamiento	31,49	3	10,50	0,69	0,5711
Error	306,07	20	15,30		
Total	337,56	23			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=4,9972

Error: 15,3034 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.
IAC + Quitosano	16,32	6	1,60 A
Testigo Comercial	17,00	6	1,60 A
IAC + Quitosano + Cera	17,50	6	1,60 A
IAC + Cera	19,40	6	1,60 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
7 ddsc	Tasa Respiratoria	24	0,21	0,09	22,10

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	664,61	3	221,54	1,78	0,1828
Tratamiento	664,61	3	221,54	1,78	0,1828
Error	2484,80	20	124,24		
Total	3149,41	23			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=14,2384

Error: 124,2401 gl: 20

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Testigo Comercial	43,85	6	4,55 A
IAC + Quitosano	49,10	6	4,55 A
IAC + Cera	50,23	6	4,55 A
IAC + Quitosano + Cera	58,53	6	4,55 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara	Pérdida de peso	72	0,07	0,03	15,80

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,27	3	0,42	1,63	0,1907
Tratamiento	1,27	3	0,42	1,63	0,1907
Error	17,60	68	0,26		
Total	18,87	71			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,3521

Error: 0,2589 gl: 68

Tratamiento	Medias	n	E.E.
IAC + Quitosano	-3,42	18	0,12 A
IAC + Quitosano + Cera	-3,25	18	0,12 A
Testigo Comercial	-3,16	18	0,12 A
IAC + Cera	-3,06	18	0,12 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)



Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
7 ddsc	Pérdida de peso	72	0,06	0,01	17,53

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4,77	3	1,59	1,36	0,2637
Tratamiento	4,77	3	1,59	1,36	0,2637
Error	79,72	68	1,17		
Total	84,49	71			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,7493

Error: 1,1723 gl: 68

Tratamiento	Medias	n	E.E.
IAC + Quitosano	-6,61	18	0,26 A
IAC + Cera	-6,10	18	0,26 A
IAC + Quitosano + Cera	-6,05	18	0,26 A
Testigo Comercial	-5,94	18	0,26 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Salida de cámara	°Brix	108	0,02	0,00	7,77

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,41	3	0,47	0,58	0,6309
Tratamiento	1,41	3	0,47	0,58	0,6309
Error	84,51	104	0,81		
Total	85,92	107			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,5057

Error: 0,8126 gl: 104

Tratamiento	Medias	n	E.E.
IAC + Quitosano	11,41	27	0,17 A
Testigo comercial	11,64	27	0,17 A
IAC + Quitosano + Cera	11,64	27	0,17 A
IAC + Cera	11,72	27	0,17 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fecha	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
7 ddsc	°Brix	108	0,03	2,3E-03	8,48

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2,83	3	0,94	1,08	0,3602
Tratamiento	2,83	3	0,94	1,08	0,3602
Error	90,68	104	0,87		
Total	93,51	107			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,5238

Error: 0,8719 gl: 104

Tratamiento	Medias	n	E.E.
IAC + Cera	10,84	27	0,18 A
IAC + Quitosano	10,88	27	0,18 A
Testigo comercial	11,11	27	0,18 A
IAC + Quitosano + Cera	11,23	27	0,18 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Anexo 16. Media  $\pm$  error estándar de las variables de color L\*, b\* y C\* en papayas de híbrido Pococí durante las evaluaciones de salida de cámara y 7 días después de salida de cámara. Datos corresponden al ensayo 4 inmersión en agua caliente en combinación de los mejores tratamientos.

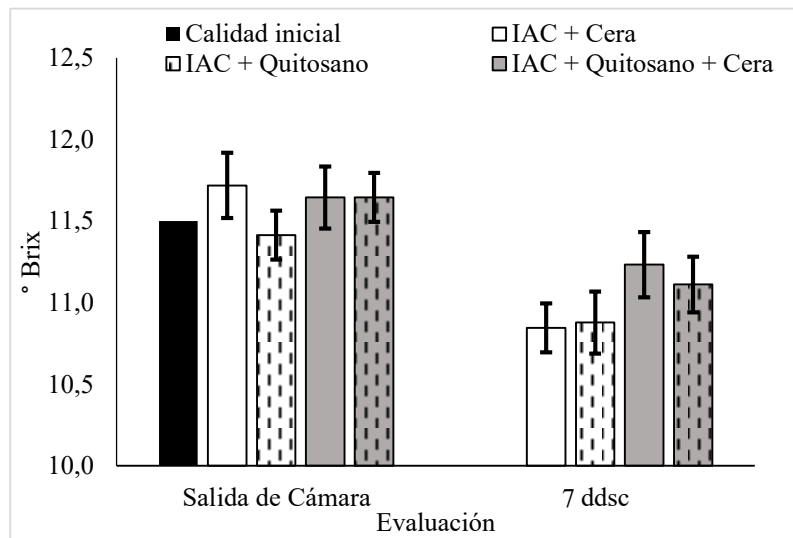
Tratamiento	Evaluación					
	Salida de cámara			7 ddsc		
	L*	b*	C*	L*	b*	C*
IAC+	49,54 $\pm$	39,62 $\pm$	39,98 $\pm$	58,22 $\pm$	53,55 $\pm$	55,1 $\pm$
Cera al 8%	0,66 A	0,98A	0,95 A	0,48 A	0,74 A	0,78 A
IAC+Qitosano	48,39 $\pm$	39,09 $\pm$	39,53 $\pm$	57,13 $\pm$	52,34 $\pm$	53,35 $\pm$
al 1%	0,63 A	0,75 A	0,72 A	0,63 A	1,04 A	1,14 A
IAC+ Qitosano	48,78 $\pm$	39,75 $\pm$	40,18 $\pm$	56,47 $\pm$	51,02 $\pm$	51,8 $\pm$
al 1%+ Cera al 8%	0,7 A	0,94 A	0,9 A	0,78 A	1,19 A	1,27 A
Tratamiento	50,79 $\pm$	40,97 $\pm$	41,28 $\pm$	57,64 $\pm$	51,58 $\pm$	52,65 $\pm$
comercial	0,76 A	1,06 A	1,03 A	0,75 A	1,17 A	1,25 A

IAC: Inmersión en agua caliente 54°C 4 min. *Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes (p>0,05).*

Anexo 17. Media  $\pm$  error estándar de la pérdida de peso en papayas híbrido Pococí en las evaluaciones de salida de cámara y 7 días después de salida de cámara en los tratamientos aplicados. Datos corresponden al ensayo 4 inmersión en agua caliente en combinación de los mejores tratamientos.

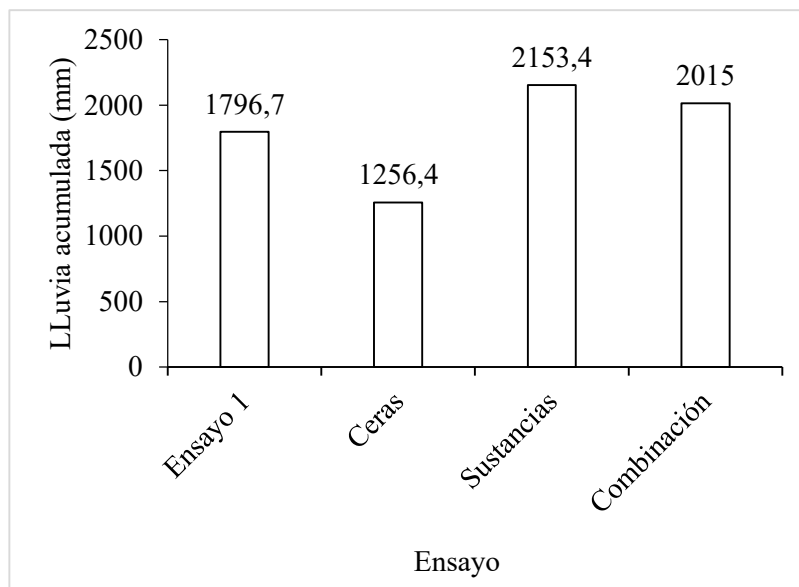
Tratamiento	Perdida de peso (%)	
	Evaluación	
	Salida de cámara	7 ddsc
IAC+ Cera al 8%	3,06 $\pm$ 0,15 A	6,1 $\pm$ 0,36A
IAC+ Qitosano al 1%	3,42 $\pm$ 0,12 A	6,61 $\pm$ 0,26A
IAC+ Qitosanoal 1%+ Cera al 8%	3,25 $\pm$ 0,1 A	6,05 $\pm$ 0,17A
Testigo comercial	3,16 $\pm$ 0,11 A	5,94 $\pm$ 0,19A

IAC: Inmersión en agua caliente 54°C 4 min. *Tratamientos con letra en común no son significativamente diferentes (p>0,05) según prueba DGC.*



Anexo 18. Grados brix en papayas híbrido Pococí durante las evaluaciones de salida de cámara y 7 días después de salida de cámara en los tratamientos aplicados. Datos corresponden al ensayo 4 inmersión en agua caliente en combinación de los mejores tratamientos. *Barras representan error estándar.*

Anexo 19. Precipitación acumulada (mm) durante los meses en que se desarrolló la fruta (4-5 meses antes de cosecha) utiliza para los ensayos: ensayo 1, ensayo 2 ceras, ensayo 3 sustancias alternativas y ensayo 4 combinación de las mejores sustancias.



*Datos consultados en la página web del Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica (2019).*