



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS



EVALUACIÓN POSCOSECHA DE RESVERATROL
Y 6-BENCIL AMINOPURINA EN GUANÁBANA (*Annona muricata* L.)

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO FITOTECNISTA

PRESENTA:

ANGELICA JULIO GABRIEL

ASESORES DE TESIS:

DR. OMAR FRANCO MORA

DR. JUAN MANUEL VILLARREAL FUENTES

(ALUMNA DE LA 40ª GENERACIÓN, NÚMERO DE CUENTA: 1222241)

MODALIDAD:

TESIS INDIVIDUAL

EL CERRILLO, PIEDRAS BLANCAS, TOLUCA,

ESTADO DE MÉXICO, ENERO 2018.

Instruye al niño en su carrera y aun cuando fuere viejo no se apartará de ella. Proverbios

22:6.

DEDICATORIAS

A mi mamá Mari y papá Juan

Quienes siempre me apoyaron en todo momento para que yo culminara un trayecto académico, nunca olvidaré sus sabias palabras, el estudio es lo primordial en estos tiempos.

A mis hermanos Juan, Wendy y Valentín

AGRADECIMIENTOS

A Dios todopoderoso quien me dio la oportunidad de conocer a personas tan maravillosas y enfrentar las adversidades que se presentaron durante el proyecto.

Al Dr. Omar Franco Mora, mi asesor de tesis profesional.

Por la gran oportunidad que me brindó al colaborar en su laboratorio de Horticultura avanzada para llevar a cabo este trabajo de tesis, por la paciencia, conocimientos y respeto siendo un reconocido y buen líder en diferentes ámbitos.

A mi buen maestro y amigo Salomón

Quien me apoyo en todo momento del experimento, siempre neutral y con un buen corazón como persona, gracias por su paciencia, ayuda, consejos y por compartir sus conocimientos.

A la maestra Aby por los excelentes momentos, la disciplina y consejos que me brindó.

Y al Dr. Juan Manuel Villareal Fuentes de la Universidad Autónoma de Chiapas, por ser mi asesor de tesis.

ÍNDICE

DEDICATORIAS	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN	1
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
3.0. Generalidades	3
3.1. Cultivo	3
3.2. Morfología del guanábano.....	3
3.3. Producción actual del cultivo de guanábana en México	5
3.4. Importancia económica	7
3.5. Cambios fisiológicos en poscosecha del fruto	9
3.5.1. Etileno	9
3.5.2. Respiración	10
3.5.3. Actividad enzimática.....	12
3.6. Cosecha de la guanábana.....	13
3.7. Plagas	14
3.7.1. Perforador del fruto (<i>Cerconota annonella</i> Sepp) y el perforador de la semilla (<i>Bephratelloides cubensis</i> Asmhed).....	14

3.7.2. Periquito (<i>Membracis mexicana</i> Guerin-Meneville)	15
3.8. Enfermedades poscosecha	15
3.8.1 Antracnosis (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> Penz)	16
3.8.2. Pudrición del pedúnculo (<i>Pestalotia</i> sp.) y (<i>Lasiodiplodia</i> sp.).....	17
3.9. Tecnologías poscosecha.....	17
3.9.1. Resveratrol	20
3.9.2. 6-Bencil aminopurina.....	21
3.10. Caracterización físico-química	22
3.10.1. Color de la epidermis y endocarpio de la guanábana.....	22
3.10.2. Firmeza	24
3.10.3. Vitamina C.....	24
3.10.4. Azúcares	25
3.10.5. Fenoles.....	25
3.10.6 Acidez titulable	25
3.10.7. Sólidos solubles totales (SST).....	26
3.10.8. Pérdida de peso	26
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
4.0. Ubicación del experimento	27
4.1. Descripción del experimento	28
4.2. Variables evaluadas en poscosecha.....	29
4.2.1. Pérdida de peso	29
4.2.2. Firmeza	29
4.2.3. Color.....	30

4.2.4. Sólidos solubles totales	31
4.2.5. Acidez titulable	31
4.2.6. Azúcares	33
4.2.7. Ácido ascórbico o vitamina C	35
4.2.8. Compuestos Fenólicos	36
4.3. Análisis estadístico	38
V.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
5.0. Pérdida de peso	39
5.1. Color L (Luminosidad)	40
5.2. Color a*	43
5.3. Color b*	44
5.4. Hue (h)	46
5.5. Croma (C).....	48
5.6. Acidez titulable	50
5.7. Sólidos solubles totales	52
5.8. Firmeza en cáscara	54
5.9. Azúcares totales	57
5.10. Compuestos fenólicos.	60
5.11. Vitamina C.....	62
VI.- CONCLUSIONES	65
VII.- BIBLIOGRAFÍA.....	66

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.- Superficie y producción nacional de guanábana en México en condiciones de riego y temporal.....	6
Cuadro 2.- Composición nutricional de la guanábana.....	8

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol y fruto de guanábana.	5
Figura 2. Daño del perforador del fruto.	15
Figura 3. Daños de causados por antracnosis en frutos de guanábana.	16
Figura 4. Síntomas de pudrición del pedúnculo interna y externa.....	17
Figura 5. Localización del huerto comercial de guanábana en Tapachula, Estado de Chiapas.	27
Figura 6. Cosecha de frutos de guanábana.	28
Figura 7. Evaluación de peso de frutos de guanábana.	29
Figura 8. Medición de firmeza en frutos de guanábana.	30
Figura 9. Medición del color de frutos de guanábana.....	31
Figura 10. Determinación de acidez titulable en frutos de guanábana.....	32
Figura 11. Obtención de muestra madre para la determinación de azúcares totales y compuestos fenólicos.....	33
Figura 12. Curva estándar de azúcares totales expresados en mg EG g ⁻¹ PF.....	34
Figura 13. Determinación de azúcares totales en frutos de guanábana.	35
Figura 14. Determinación de la curva patrón para compuestos fenólicos.	36
Figura 15. Curva estándar para determinar la concentración de compuestos fenólicos en frutos de guanábana.	37
Figura 16. Cinética de peso en frutos de guanábana tratados con RVS+ BAP durante su almacenamiento poscosecha. NS, no significativo con la prueba t de student a 0.05. Los datos son la media de 3 repeticiones, un fruto por repetición ± EE.	40

Figura 17. Comparación de frutos tratados con RVS+BAP y el control al día 5 de almacenamiento.....	41
Figura 18. Cinética de color L en frutos de guanábana tratados con RVS+ BAP durante su almacenamiento poscosecha. NS, no significativo; * significativo con la prueba t de student a 0.05. Los datos son la media de 3 repeticiones, un fruto por repetición \pm EE.....	42
Figura 19. Cinética de color a en frutos de guanábana tratados con RVS+ BAP durante su almacenamiento poscosecha. NS, no significativo; * significativo con la prueba t de student a 0.05. Los datos son la media de 3 repeticiones, un fruto por repetición \pm EE.....	44
Figura 20. Cinética de color b en frutos de guanábana tratados con RVS+ BAP durante su almacenamiento poscosecha. NS, no significativo con la prueba t de student a 0.05. Los datos son la media de 3 repeticiones, un fruto por repetición \pm EE.	45
Figura 21. Cinética de (h) en frutos de guanábana tratados con RVS+ BAP durante su almacenamiento poscosecha. NS, no significativo con la prueba t de student a 0.05. Los datos son la media de 3 repeticiones, un fruto por repetición \pm EE.....	47
Figura 22. Comparación de los frutos al final de su evaluación (día 11).	48
Figura 23. Cinética de c en frutos de guanábana tratados con RVS+ BAP durante su almacenamiento poscosecha. NS, no significativo con la prueba t de student a 0.05. Los datos son la media de 3 repeticiones, un fruto por repetición \pm EE.....	50
Figura 24. Cinética de acidez titulable en frutos de guanábana tratados con RVS+ BAP durante su almacenamiento poscosecha. NS, no significativo con la prueba t de	

student a 0.05. Los datos son la media de 3 repeticiones, un fruto por repetición \pm EE.	52
Figura 25. Cinética de sólidos solubles totales en frutos de guanábana tratados con RVS+ BAP durante su almacenamiento poscosecha. NS, no significativo con la prueba t de student a 0.05. Los datos son la media de 3 repeticiones, un fruto por repetición \pm EE.	54
Figura 26. Cinética de firmeza de cáscara en frutos de guanábana tratados con RVS+ BAP durante su almacenamiento poscosecha. NS, no significativo; * significativo con la prueba t de student a 0.05. Los datos son la media de 3 repeticiones, un fruto por repetición \pm EE.	55
Figura 27. Cinética de azúcares totales en frutos de guanábana tratados con RVS+ BAP durante su almacenamiento poscosecha. NS, no significativo con la prueba t de student a 0.05. Los datos son la media de 3 repeticiones, un fruto por repetición \pm EE.	58
Figura 28. Cinética de compuestos fenólicos en frutos de guanábana tratados con RVS+ BAP durante su almacenamiento poscosecha. NS, no significativo; * significativo con la prueba t de student a 0.05. Los datos son la media de 3 repeticiones, un fruto por repetición \pm EE.	61
Figura 29. Cinética de vitamina C en frutos de guanábana tratados con RVS+ BAP durante su almacenamiento poscosecha. NS, no significativo; * significativo con la prueba t de student a 0.05. Los datos son la media de 3 repeticiones, un fruto por repetición \pm EE.	63

RESUMEN

EVALUACIÓN POSCOSECHA DE RESVERATROL Y 6-BENCIL AMINOPURINA EN GUANÁBANA (*Annona muricata* L.)

Tesis que como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista presenta Angelica Julio Gabriel. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México.

Asesores de Tesis: Dr. Omar Franco Mora y Dr. Juan Manuel Villarreal Fuentes.

La guanábana (*Annona muricata* L.) pertenece a la familia Annonaceae, es una fruta climatérica, de tamaño grande y heterogéneo, forma irregular, presenta residuos estilares espiniformes carnosos y ablandamiento excesivo de su pulpa en la madurez, todo ello hace que el fruto se dañe con el manejo poscosecha. El resveratrol (RVS) es un polifenol que promueve la lignificación de la pared celular y favorece la protección contra agentes bióticos y abióticos. La 6-bencilaminopurina (6-BAP) es un regulador de crecimiento de las plantas, de la clase de las citoquininas, y se ha determinado que la aplicación de 6-BAP reduce la expresión de genes relacionados a la degradación de la clorofila. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto poscosecha de la aplicación simultánea en precosecha de 1.6 mM del polifenol RVS y 1.0 mM 6-BAP en frutos de guanábana. A frutos de guanábana de 12 árboles se realizó una aplicación de RVS y 6-BAP 10 días antes de cosecha y, una vez cosechados y en almacenamiento, se evaluaron las variables: pérdida de peso, color, firmeza, sólidos solubles totales, acidez titulable, azúcares totales, compuestos fenólicos y vitamina C. Los resultados muestran diferencias

significativas ($p < 0.05$) en la variable color al día 11 de almacenamiento, donde luminosidad (L) presentó valores de 31.33 en el control y 39.00 en los tratados y para a^* -3.21 en el control y -9.09 para los tratados. Estos valores indican mejor apariencia visual de los frutos en cuanto a la conservación del color verde de la cáscara. La concentración de compuestos fenólicos presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) a los días 1 y 11 después de cosecha, con concentración de 6.61 mg EAT g^{-1} PF en el control y 5.36 mg EAT g^{-1} PF para los tratados en el día 1, para el día 11 el control registró concentración de 7.84 mg EAT g^{-1} PF y 5.62 mg EAT g^{-1} PF para el tratamiento. El contenido de vitamina C presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) al día 5; en el control registró 0.1223 mg g^{-1} y en los tratados de 0.0480 mg g^{-1} , finalmente al día 11 de almacenamiento los frutos tratados con RVS + BAP presentaron diferencias significativas entre los tratados y los control, 0.0877 y 0.0507 mg g^{-1} respectivamente. Posiblemente, el menor valor de los polifenoles se relacione a una menor coloración negruzca de la cáscara y de la pulpa.

Palabras clave: Bioreguladores, calidad de fruta, climatérico, firmeza, polidrupa.

ABSTRACT

POSTHARVEST EVALUATION OF RESVERATROL AND 6-BENCYL AMINOPURINE IN SOURSOP (*Annona muricata* L.)

Thesis that as partial fulfillment to obtain the degree of Bachelor in Agronomic Sciences presents Angelica Julio Gabriel. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México.

Academic advisors: Dr. Omar Franco Mora and Dr. Juan Manuel Villarreal Fuentes.

Soursop (*Annona muricata* L.) belongs to the Annonaceae family, it is a climacteric fruit, with big and heterogeneous size, irregular shape, with stilar and fleshy residues; its fleshy becomes rapidly soft in ripening, thus its postharvest management is difficult. Resveratrol (RVS) is a poly phenol that promotes cell wall lignification and prevents the attack of biotic and abiotic factors. 6-bencyl aminopurine (6-BAP) is a plant bio-regulator, belonging to the cytokines, and it has been related in the reduction of some genes degrading chlorophyll. The objective of present work is to evaluate the postharvest effect of simultaneous spraying of 1.6 mM RVS and 1.0 mM 6-BAP in soursop fruits. The RVS and 6-BAP spray was applied in the soursop fruit growing in 12 trees, 10 days before harvest; then, after harvest, the fruits were determined the fruit weight loss, peel color, fruit firmness, the content of total soluble solids, titratable acidity, total sugars, phenolic compounds and vitamin C. On 11 days after storage, RVS-6-BAP treated fruit indicated significantly higher L* value 39 than control fruit 31.33. Moreover, RVS-6-BAP treated fruit indicated lower a* value -9.09 than control fruit -3.21. These results suggested that the RVS and 6-BAP treatments

were effective to maintain a better visual appearance with their green peel color. The phenolic compound content was different at 1 and 11 day(s) after storage; at day 1, control fruit contained 61 mg ATE g⁻¹ FW whereas the treated fruit contained 5.36 mg ATE g⁻¹ FW; then on 11 days after storage, control fruit contained 7.84 mg ATE g⁻¹ FW and treated fruit contained 5.62 mg ATE g⁻¹ FW. The vitamin C content indicated differences at 5 and 11 days after storage; the control registered 0.1223 mg g⁻¹, and the treated fruit presented 0.0480 mg g⁻¹. Finally, at 11 day after storage, soursop treated with RVS and 6-BAP presented 0.0877 mg g⁻¹, whereas control fruit showed 0.0507 mg g⁻¹. It is possible that the lower value of polyphenols may be related to the peel and flesh darkness.

Key words: Bioregulator, fruit quality, climacteric, firmness, polidrupe.

I. INTRODUCCIÓN

La guanábana (*Annona muricata* L.) pertenece a la familia Annonaceae; en México para el género *Annona* destacan *A. cherimola*, *A. diversifolia*, *A. reticulata*, *A. squamosa* y *A. muricata* como especies principales para consumo y comercialización. Ello debido a su sabor, la forma y consistencia de la pulpa (Correa *et al.*, 2012). La guanábana es un fruto difícil de manipular por el tamaño grande, la forma irregular y residuos estilares espiniformes y carnosos que la caracterizan; en poscosecha, además se la pulpa se ablanda rápidamente durante el transporte y la comercialización. Dichos daños constituyen vías de entrada de patógenos a la fruta y de ahí que se puedan generar grandes pérdidas económicas (Ploetz, 2003).

El fruto es de naturaleza climatérica (Pinto, 2005), por lo que la intensidad respiratoria es muy alta, produciendo, a 24.5 °C, elevadas concentraciones de CO₂ y etileno, de hasta 100 y 150 ml·kg⁻¹·h⁻¹, respectivamente (Bruinsma y Paull, 1984). Una de las mejores formas de conservar la pulpa de la guanábana es congelarla hasta su uso o consumo; sin embargo, las alternativas para alargar su vida como fruta son limitadas.

La 6-bencil aminopurina (6-BAP) es un regulador de crecimiento de las plantas, de la clase de las citoquininas, y se ha determinado que la aplicación de 6-BAP reduce la expresión de genes relacionados a la degradación de la clorofila

(Gómez- Lobato *et al.*, 2012), y mantiene el equilibrio hídrico de los tejidos en trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) (Zavaleta *et al.*, 2007) además, la aplicación en concentración de 1 mM de 6-BAP redujo el oscurecimiento poscosecha de la cáscara de chirimoya (Morales *et al.*, 2014).

El resveratrol (RVS) es un polifenol que promueve la lignificación de la pared celular y favorece la protección contra agentes bióticos y abióticos (Van, 1986), en chirimoya redujo la tasa de ablandamiento del fruto en 'Fino de Jete' y 'Bronceada', sin afectar su calidad en color de cáscara, pulpa, olor, sabor, contenido de azúcares reductores y ácido ascórbico. La aplicación simultánea de RVS y 6-BAP redujo la pérdida de peso, el color, oscurecimiento de cáscara de fruto, el ablandamiento del fruto, además la firmeza de la cáscara del fruto fue más resistente para 'Ruth' y 'Fino de Jete' (Morales *et al.*, 2014). Por lo tanto, estos dos bio reguladores vegetales parecen promisorios de usar en guanábana. Por ello, el objetivo general de este trabajo fue: "Evaluar el efecto poscosecha de la aplicación simultánea en precosecha del polifenol resveratrol y 6-bencil aminopurina en frutos de guanábana en un huerto comercial de la región del Soconusco, Chiapas".

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.0. Generalidades

2.1. Cultivo

La guanábana es una planta que empieza a producir al tercer año del trasplante, aunque la cosecha comercial se debe esperar al cuarto año en plantas francas y al tercer año en plantas injertadas (Baraona, 1992). De todas las anonáceas, la guanábana prefiere los climas cálidos y húmedos con altitudes no mayores a 1000 m. La temperatura de 7 °C provoca en el árbol la caída de hojas y frutos y la temperatura bajo los cero grados dañan la madera. Los suelos en que se plante guanábana comercialmente deben ser profundos, arenosos y con muy buen drenaje. Son más convenientes los suelos con pH entre 5.5 y 6.5 (Méndez, 2003). Por ser una fruta demasiado delicada, relativamente grande y de cáscara muy delgada, se debe cosechar antes de estar madura.

2.2. Morfología del guanábano

El guanábano es un árbol de 3 a 10 m de alto, ramificado, cónico, frondoso, con hojas ovaladas elípticas de 2 a 6 cm de ancho por 6 a 12 cm de largo, con yemas axilares (Figura 1). La raíz es pivotante con anclaje ramificado fuerte, el mayor porcentaje de masa radicular se encuentra en los primeros 30 cm de profundidad. Las flores son hermafroditas, distribuidas a lo largo del tallo y en las axilas; los frutos se constituyen en una polidrupa producto de múltiples carpelos (Méndez, 2003). El fruto es de forma oblonga cónica, semejante a un corazón o de forma

irregular, esto último debido al desarrollo inapropiado del carpelo; el fruto alcanza los 10 a 30 cm de longitud pesando entre 1 a 5 kg, con cáscara de color verde oscuro que posee varios residuos estilares semejando espinas pequeñas, suaves y carnosas. La pulpa es de color blanco, cremosa, aromática, jugosa y suave, adherida a la cáscara, pero se separa fácilmente en segmentos y recubre totalmente las semillas negras que tienen dimensiones en promedio de 1 a 2 cm de largo, cada fruto puede tener hasta 200 semillas (Méndez, 2003; Blench y Dendo, 2007). La pulpa contiene 80-83 % de agua (Onimawo, 2002), Correa et al. (2012) reportó la composición de la guanábana en pulpa un contenido de humedad (95.60 %), energía (14.00 Kcal), proteína (0,20 %), lípidos (0,20 %), carbohidratos totales (3.00 %), fibra total (0,80 %), vitamina C (10.07 mg). Cuando el fruto está maduro, la cáscara es de color verde mate y adquiere una consistencia blanda con apariencia verticulada (Janick y Paull, 2008). Cuando la guanábana es almacenada antes de madurar fisiológicamente no se presenta una óptima maduración, el tamaño es muy pequeño, lo que disminuye la calidad y la productividad deteriorando las características organolépticas. El índice de madurez es muy difícil de determinar, solo personas con experiencia o conocimiento empírico logran determinar el momento de cosecha. El tamaño de la fruta y el tiempo transcurrido desde el inicio de la formación del fruto hasta su madurez fisiológica no son por si solos índice de cosecha para determinar el punto de recolección, pero unido a la tasa de respiración y la apariencia externa e interna del fruto pueden tomarse para determinar el punto de cosecha adecuado (Reina, 1996).



Figura 1. Árbol y fruto de guanábana.

2.3. Producción actual del cultivo de guanábana en México

De acuerdo a datos estadísticos de la SAGARPA-SIAP (2010), México es el principal productor de guanábana en el mundo, con una oferta de 19 mil 841 toneladas al año, donde se sembraron 2,340 ha, con una producción de 17,796 t de fruta, los rendimientos registrados para México varían de 5 a 12.7 t ha⁻¹ con una media nacional de 8.85 t ha⁻¹ (Hernández *et al.*, 2013). En México el cultivo de guanábano se distribuye en 15 de los 32 estados de la República y son nueve los principales estados productores del guanábano, dentro de ellos se encuentra Nayarit, Colima, Guerrero, Veracruz y Tabasco, en menor grado de importancia Michoacán, Jalisco, Oaxaca y Morelos (Vidal y Nieto, 1997).

A nivel nacional, Nayarit es el mayor productor de guanábana (Cuadro 1) contando con 73% de la superficie nacional (SIAP, 2014). Así, la guanábana debe considerarse la principal especie de la familia Annonaceae que se cultiva en México. Su cultivo es la obtención de frutos para consumo en fresco o pulpa procesada en aguas frescas, elaboración de helados, paletas, licores, néctar y gelatina a mercados internacionales (Hernández *et al.*, 2007).

Cuadro 1.- Superficie y producción nacional de guanábana en México en condiciones de riego y temporal.

Entidad	Sup. Sembrada (ha)	Sup. Cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Valor de producción (Miles de pesos)
Campeche	14.5	14.0	69.1	4.9	488.6
Colima	200.2	200.2	1,910.8	9.5	4,350.2
Guerrero	192.0	192.0	1,132.9	5.9	3,723.8
Jalisco	12.0	4.0	20.0	5.0	86.0
Michoacán	156.0	154.0	887.5	5.7	6,125.2
Morelos	38.0	18.0	206.0	11.4	1,722.7
Nayarit	1,644.5	1,568.5	12,787.8	8.2	55,991.8
Tabasco	48.0	46.0	560.0	12.2	5,600.0
Veracruz	10.0	10.0	50.0	5.0	160.0
Yucatán	25.5	24.0	172.0	7.2	1,385.8
Total	2,340.7	2,230.7	17,796.2	7.9	79,634.1

Fuente: SAGARPA-SIAP (2012).

2.4. Importancia económica

La utilización y mejora de la comercialización del fruto de guanábana está relacionado principalmente por el uso alimenticio, ya que son frutas de pulpa dulce o agridulce de alto valor nutritivo, son fuentes importantes de carbohidratos, minerales, vitaminas, (Ojeda *et al.*, 2007) además de aportar calorías, fibra, grasa, proteína, ácido ascórbico, calcio, fósforo, hierro y vitaminas (Cuadro 2).

También se puede medir la importancia económica por la aplicación medicinal, ornamental, insecticida biológico, extracción de esencias y aceites, cercos vivos, leña, madera para elaboración de herramientas de trabajo entre otros usos. La pulpa también puede ser consumida en productos elaborados como jugos, helados, paletas, licores, dulces, gelatinas, néctar y jaleas (Ojeda *et al.*, 2007).

Un gran número de compuestos químicos se han extraído de las semillas, así como en otras partes del árbol de guanábana, entre ellos se encuentran los flavonoides, alcaloides y acetogeninas; se cree que las acetogeninas tienen propiedades anticancerígenas donde actualmente se han obtenido amplia variedad de productos y están disponibles para el tratamiento del cáncer (I.C.U.C., 2002). Los flavonoides y alcaloides contenidos en la corteza, semilla y hojas de varias especies de la familia Annonaceae han demostrado propiedades como insecticidas y antibacterianas, y se han utilizado para los tratamientos médicos (I.C.U.C., 2002).

Cuadro 2.- Composición nutricional de la guanábana

Compuesto	Cantidad en 100 g de pulpa
Calorías	53.1-61.3 g
Agua	82.8 g
Carbohidratos	14.63 g
Grasas	0.97 g
Proteínas	1.0 g
Fibra	0.79 g
Cenizas	0.6 g
Calcio	10.3 mg
Fósforo	27.7 mg
Hierro	0.64 mg
Tiamina	0.11 mg
Riboflavina	0.05 mg
Niacina	1.28 mg
Ácido ascórbico	29.6 mg

Fuente: (Morton, 1987).

En el área de la farmacología, el tallo, hojas y semillas del guanábano han sido usados históricamente en medicina tradicional por los pueblos indígenas dadas

sus capacidades antitumorales, parasiticidas y antidiarreicas (Solís-Fuentes *et al.*, 2010).

2.5. Cambios fisiológicos en poscosecha del fruto

2.5.1. Etileno

Entre los numerosos efectos fisiológicos del etileno (C₂H₄), se destacan los que afectan directamente la maduración, cómo son la estimulación de la respiración, la influencia en el metabolismo péptico favoreciendo el aumento de pectinas solubles y por tanto la reducción de la dureza del mesocarpio, degradación de la clorofila, despolimerización de polisacáridos de alto peso molecular, pérdida o disminución de ácidos, taninos y fenoles (Wills, 1984). Debido a ello, el etileno es el principal agente inductor de maduración en frutas climatéricas y puede causar la maduración prematura de algunos productos, se recomienda no transportar ni almacenar frutas y hortalizas de muy alta o alta producción de etileno con productos que son sensibles al mismo (Kader, 2002).

Se ha reportado que para frutos de guanábana exhibe un patrón respiratorio caracterizado por dos máximos de respiración; uno preclimatérico que es independiente de la producción de etileno inducido probablemente por el estímulo fisiológico de la cosecha y asociado al incremento de carboxilatos como sustratos respiratorios principalmente ácido málico, y el climatérico que se inicia cuando el etileno ha rebasado cierto nivel del umbral y está asociado con el proceso de maduración (Biale y Barcus, 1970; Bruinsma y Paull, 1984; Worrell *et al.*, 1994).

Se ha observado en frutos de guanábana que durante los días de poscosecha 0, 1, 2 y 3 se presentan las más bajas concentraciones de esta hormona, con un comportamiento continuo asintótico frente al eje X; a partir del día 3 se muestra incremento en la producción de esta fitohormona con $60.6 \mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ hasta el día 4, seguido de un ligero descenso entre los días 4 y 5, luego nuevamente entre los días 5 y 6 presentan un importante incremento, con un segundo descenso hasta el día 7, y a partir de ese día se presenta un aumento constante hasta el día 9, donde alcanza la máxima producción de C_2H_4 con $133.2 \mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$. Lo anterior demuestra una intensa actividad de síntesis de C_2H_4 durante este período, promoviendo la actividad metabólica que ocurre en el vegetal para inducir la maduración (Brovelli *et al.*, 1999) pudiéndose observar una máxima formación de azúcares y ácidos orgánicos, así como el desarrollo de las características del consumo del fruto, tales como, color, firmeza, acidez, sólidos solubles totales y aroma) de consumo del fruto.

2.5.2. Respiración

La respiración es un proceso por el cual carbohidratos, proteínas y lípidos son transformados en formas más simples para proveer las demandas energéticas que requieren los frutos para su actividad funcional vital; además, para la síntesis de otros metabolitos secundarios importantes (Kader, 2002). Para la glucólisis es necesaria la energía de los enlaces fosfato de dos moléculas de ATP. Posteriormente se producen dos moléculas de NADH a partir de dos de NAD^+ y cuatro de ATP a partir de cuatro de ADP $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 2\text{ATP} + 4\text{ADP} + 2\text{P}_i + 2\text{NAD}^+$

=> $2 \text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3 + 2\text{ADP} + 4\text{ATP} + 2\text{NADH} + 2\text{H} + 2\text{H}_2\text{O}$. De esta forma, una molécula de glucosa se convierte en dos moléculas de ácido pirúvico. La ganancia neta, son dos moléculas de ATP y dos moléculas de NADH por molécula de glucosa (Márquez, 2009).

Aproximadamente, 40% de la energía libre desprendida por la oxidación de la glucosa se conserva en la conversión de ADP a ATP. En presencia de oxígeno, el ácido pirúvico entra en el ciclo de Krebs, donde se sintetiza más ATP y se transfieren más electrones y protones a las coenzimas. Estas coenzimasceptoras de electrones transfieren su carga a la cadena transportadora de electrones a lo largo de la cual, paso a paso, los electrones caen a niveles inferiores de energía. En ausencia de oxígeno, el ácido pirúvico se convierte en ácido láctico o etanol, este proceso es conocido como fermentación o respiración anoxigénica, la cual no produce ATP, pero genera las moléculas de coenzimaceptoras de electrones, necesarias para que la glucólisis continúe. En la respiración, las moléculas de tres carbonos de ácido pirúvico producido por la glucólisis son degradadas a grupos acetilo de dos carbonos, que entran al ciclo de Krebs, donde en una serie de reacciones, el grupo acetilo de dos carbonos es oxidado completamente a dióxido de carbono (CO_2); en el curso de la oxidación de cada grupo acetilo, se reducen cuatro aceptores de electrones (tres NAD^+ y un FAD) y se forma otra molécula de ATP.

En el ciclo de Krebs se producen una molécula de ATP, tres moléculas de NADH y una molécula de FADH_2 que representan la producción de energía de este ciclo.

Se necesitan dos vueltas del ciclo para completar la oxidación de una molécula de glucosa. Así, el rendimiento energético total del ciclo para una molécula de glucosa es dos moléculas de ATP, seis moléculas de NADH y dos moléculas de CO₂ (Pesarakli, 2002).

Por otro lado, la respuesta de la actividad respiratoria en las frutas climatéricas, cómo es el caso de la guanábana, está relacionada con la producción de etileno. Durante el período posclimatérico hay cierta insensibilidad frente a la alta producción de C₂H₄ y su acción, aspecto que se refleja en la corta vida útil y en lo perecedero del fruto (Kader, 2002) debido a los eventos propios de la maduración, los máximos respiratorios son el reflejo de incremento en la actividad mitocondrial, ejerciendo acción enzimática en el fruto a través de las proteínas que se expresan genéticamente, originando polipéptidos que constituyen las nuevas enzimas responsables de toda la serie de eventos que ocurren con la maduración de las frutas de guanábana, especialmente orientados al incremento en la tasa respiratoria (Dugardeyn y Straeten, 2008; Fernández *et al.*, 2009).

2.5.3. Actividad enzimática

Diversas enzimas presentes en los frutos intervienen en el proceso de maduración y formación de las características sensoriales que les son conocidas, las mismas u otras enzimas son responsables de la senescencia y de los cambios indeseables que ocurren en los frutos y que provocan que sean desechados y no sean aprovechados para su consumo y/o transformación. La enzima pectinmetilesterasa (PME) está relacionada con la degradación de las sustancias pépticas de la

laminilla media de la célula, componente de la pared celular que controla los movimientos de materiales solubles (Proctor y Miesle, 1991; King, 1990). Lima *et al.* (2006) encontraron que la PME en guanábana fue 23 veces mayor en el fruto en madurez de consumo con respecto al fruto en madurez fisiológica. Existe relación directa entre la actividad de la PME y los procesos propios de la maduración (Draye y Cutsem, 2008), se ha observado correspondencia del aumento en la tasa de producción de etileno y el incremento de la actividad metabólica de la PME, lo cual, está relacionado con el descenso de la firmeza de la fruta (Ketsa y Daengkanit, 1999). La continua pérdida de firmeza durante la sobremaduración, puede ser atribuida probablemente a la acción de otra serie de enzimas, que tienen que ver con la hidrólisis de las estructuras moleculares de la pared celular, como la poligalacturonasa y la celulasa, las cuales presentan aumento en su actividad metabólica, en la etapa de sobremaduración de las frutas (Abu *et al.*, 2003).

2.6. Cosecha de la guanábana.

La primera cosecha de guanábana se logra después de tres a cuatro años de trasplantados los árboles; si la propagación es asexual, se cosecha a los 18 meses. Se cosecha en punto de madurez fisiológica, el cual coincide con su máximo tamaño, con la pérdida de rigidez de los rudimentos estilares y cambio en la tonalidad de la epidermis, pasando de un verde oscuro a un verde más claro (mate). La cosecha se realiza manualmente, realizando un corte con tijera podadora previamente desinfectada, dejando de 2 a 3 cm del pedúnculo adherido

a la fruta. Siempre que sea posible se recomienda cosechar en las horas de la mañana para evitar la deshidratación de la fruta, cronológicamente corresponde a un periodo de 120 a 140 días después de la formación del “erizo”, coincide con la pérdida de firmeza de los tejidos estilares o tetillas, dando un aspecto de red o malla, la guanábana presenta un ciclo largo desde la floración hasta la formación de la fruta en su índice de cosecha; por lo tanto, requiere alta inversión de recursos para obtener un producto de alta calidad que debe conservarse en las prácticas de cosecha y poscosecha (Morales, 1991; Ramírez *et al.*, 1998; Méndez, 2003; Miranda *et al.*, 2003).

2.7. Plagas

2.7.1. Perforador del fruto (*Cerconota annonella* Sepp) y el perforador de la semilla (*Bephratelloides cubensis* Asmhed).

Los frutos dañados por este insecto presentan orificios grandes con residuos de excrementos que la misma larva expulsa hacia el exterior. Cuando el ataque se realiza en flores o frutos pequeños, éstos se secan, se tornan negros y caen al suelo o permanecen momificados en el árbol (Figura 2). Los orificios pueden facilitar la entrada de hongos, como el causante de la antracnosis (Rosas y Becerra, 2012).

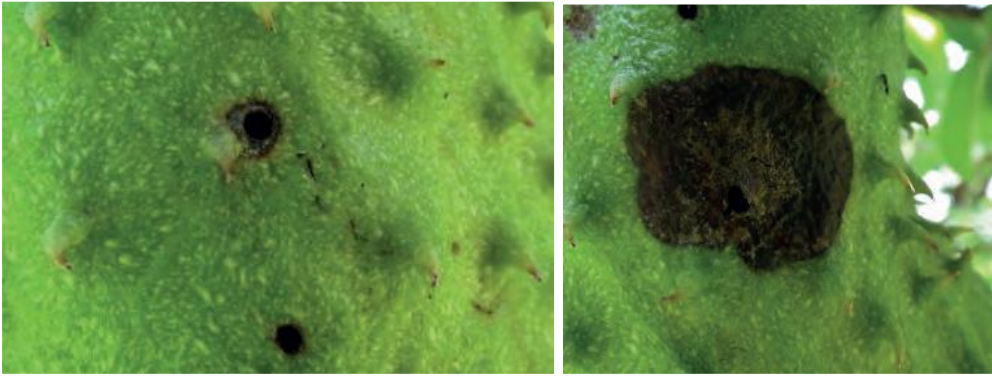


Figura 2. Daño del perforador del fruto.

2.7.2. Periquito (*Membracis mexicana* Guerin-Meneville).

Son insectos chupadores de color negro y amarillo, se encuentran sobre las flores o frutos de la guanábana. Su hábito alimenticio es picador chupador, la hembra deposita sus huevos en tallos y hojas jóvenes para luego cubrir las masas de huevos con espuma. Los frutos jóvenes fuertemente infestados con ninfas son deformes y débiles y no alcanzan su tamaño potencial o caen prematuramente del árbol, estas pueden provocar la presencia de fumaginas (Cruz *et al.*, 2002; Amusa *et al.*, 2003; Rosas *et al.*, 2008).

2.8. Enfermedades poscosecha

Otro de los factores que limitan la producción y demeritan la calidad de la fruta en el cultivo de guanábana son las enfermedades, principalmente las inducidas por hongos, ya que pueden afectar el follaje, tronco, ramas, flores y frutos tanto en pre

como en poscosecha. La antracnosis es causada por el hongo (*Colletotrichum gloeosporioides*), es la principal enfermedad, pero también se reportan *Botryodiplodia theobromae*, *Rhizopus stolonifer* y *Phytophthora* sp. (Cruz et Al., 2002; Amusa et al., 2003; Rosas et al., 2008).

2.8.1 Antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz)

Esta puede presentarse en dos formas distintas, la primera afecta a flores y frutos pequeños o medianos de guanábana, donde causa una momificación, cuando el hongo fructifica, los frutos caen o quedan colgando del árbol, siendo la fuente de nuevas infecciones. La segunda sintomatología es la formación de manchas color café, de una forma más o menos circular esta se ubica sobre la epidermis de cualquier parte de los frutos (Figura 3). Las lesiones que provocan los barrenadores de la semilla o fruto pueden favorecer la penetración del hongo en los frutos.

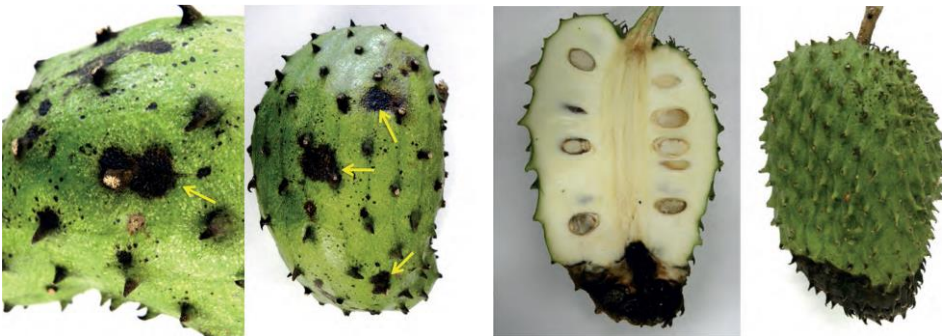


Figura 3. Daños de causados por antracnosis en frutos de guanábana.

2.8.2. Pudrición del pedúnculo (*Pestalotia* sp.) y (*Lasiodiplodia* sp.)

La presencia de esta enfermedad se manifiesta por una coloración oscura sobre el pedúnculo del fruto, que lo une al tronco o a una rama del árbol de guanábana; si se hace un corte longitudinal a través del pedúnculo, se observa pudrición de color café oscuro a lo largo de éste, que avanza progresivamente hacia la cáscara (Figura 4) pudriendo completamente el fruto de adentro hacia afuera.



Figura 4. Síntomas de pudrición del pedúnculo interna y externa.

2.9. Tecnologías poscosecha

En la actualidad, en cuanto a las tecnologías de manejo poscosecha, existen estudios en los cuales se aplica el uso de la refrigeración, el envasado en atmósfera modificada, revestimientos e inhibidores del etileno (Lima y Alves, 2011). La refrigeración, la cual es, de manera general eficaz, sin embargo, los frutos de la guanábana presentan sensibilidad al frío, es decir, sufren daños fisiológicos cuando son almacenados a temperaturas convencionales de

refrigeración (4-18°C), observándose daños superficiales, manteniendo o aumentando la firmeza de la pulpa, pérdida de la capacidad de madurar, pardeamiento de la pulpa, pérdida de sabor y aceleración de la senescencia (Alves *et al.*, 1997).

Se ha observado que el almacenamiento de guanábanas a 15°C retrasa aproximadamente tres días el tiempo necesario para la maduración. Por otro lado, también se ha reportado que los frutos de guanábana no podrían ser almacenados a temperaturas entre 12 y 14°C por más de seis días (Silva *et al.*, 2001) dependiendo del cultivar y estado de madurez, la exposición a esas temperaturas o inferiores, los síntomas incluyen oscurecimientos y endurecimientos de la cáscara, depresiones en la superficie del fruto, incapacidad de desarrollar buen sabor y pulpa. La naturaleza tropical de la guanábana hace que su vida útil se vea limitada por la presencia del daño por frío cuando se le almacena en refrigeración. El uso de atmósferas modificadas y atmósferas controladas con bajos niveles de etileno y oxígeno, o niveles altos de CO₂ y complementando con la refrigeración ha contribuido significativamente para extender la vida de anaquel de frutos y hortalizas, manteniendo la calidad de éstos (Kader, 2002). Silva *et al.* (2001) observaron que frutos de guanábana empacados individualmente en bandejas de poli estileno revestidas con una película de polietileno flexible a 12°C y 14°C mantienen su calidad hasta por 22 días.

Es posible también que la maduración de los frutos sea retrasada por medio del uso de inhibidores de la producción y de la acción de etileno. El fruto alcanza su

madurez de consumo desde los tres a seis días después de ser cosechado en madurez fisiológica, cuando se almacena a 25 °C. La aplicación de 1-metilciclopropeno (1-MCP) en guanábana a concentraciones de 200 nL L⁻¹ disminuyó la pérdida de firmeza y aumentó el contenido de sólidos solubles totales; misma respuesta fue observada en ese mismo estudio con la aplicación de cera o de la asociación cera + 1-MCP (Lima *et al.*, 2002; Lima *et al.*, 2004; Lima *et al.*, 2010). Por otro lado Tovar *et al.* (2011) evaluaron la aplicación de emulsiones y 1-MCP, reportando que estas combinaciones no retrasaron la maduración de la guanábana, pero sí disminuyeron la pérdida de peso con respecto al control; sin embargo, pudieron observar que utilizando 1-MCP a 1000 nL·L⁻¹ por 12 h combinado con las emulsiones a base de cera de carnauba con aceites siliconados o candelilla a una temperatura de almacenamiento de 13 ± 2°C extendieron la vida de anaquel de la guanábana, en ese trabajo, los frutos alcanzaron la madurez de consumo entre los 15 días de almacenamiento con tres días más para comercializarse. Montalvo *et al.* (2014) evaluaron el efecto del 1-MCP y emulsiones de ceras, sobre la composición, vitamina C, polifenoles, y la capacidad antioxidante de frutos de guanábana almacenado a 25 y 16°C, reportando que los frutos almacenados a 16°C sin 1-MCP mostraron síntomas visibles de daño por frío y los frutos tratados con 1-MCP combinado con emulsiones mantuvieron en mayor medida su contenido de vitamina C, el contenido total de compuestos fenólicos y la actividad antioxidante. Los frutos almacenados a 16 °C con y sin emulsiones presentaron daño por frío y no maduraron; en los frutos con la aplicación de 1-MCP solo o combinado con

emulsiones, en cualquiera de las diluciones, no se observaron síntomas daño por frío en la pulpa. Por otro lado, observó que la combinación de 1-MCP y emulsión a base de cera de abeja en dilución 15:85 v/v conservaron a los frutos de guanábana por 14-15 días en comparación con los frutos almacenados a 25 °C (6 días).

2.9.1. Resveratrol

El RVS es una fitoalexina y constituye uno de los 300 salvestroles presentes en vegetales. El RVS es un componente que se encuentra fundamentalmente en la cáscara y en la semilla de la uva negra y pasa a los vinos durante la fermentación (Bujanda *et al.*, 2006).

Este compuesto fenólico se ha empleado en el manejo poscosecha de frutos de manzana, aguacate, tomates, pimiento, fresa y uva incrementando la calidad sensorial, vida de almacenamiento y calidad nutricional. Cherukuri *et al.* (2007) hicieron una aplicación de resveratrol combinado con fungicida, disueltos en agua potable en frutos de mandarina (*Citrus unshiu*) y, una vez que los frutos fueron almacenados durante 84 días a 10°C y 95% de humedad relativa, observaron que el color de la cáscara fue retenido cuando se aplicó resveratrol a una concentración de 1.6×10^{-5} M. Se explicó que el contenido total de carotenos de los frutos fue significativamente afectado por RVS. Dichos resultados mostraron que RVS afecta positivamente el tratamiento poscosecha incrementando la vida de almacén, calidad nutricional del fruto de mandarina. Por otro lado, la aplicación de 1.6 mM de RVS aplicado a 8 y 15 días antes de la cosecha a frutos de

chirimoya 'Ruth' y 'Fino de Jete' redujo la tasa de ablandamiento en 54 y 78% respectivamente después de 15 días de almacenamiento (Morales *et al.*, 2014).

2.9.2. 6-Bencil aminopurina

La 6-bencil aminopurina (BAP) es un regulador de crecimiento de las plantas de la clase de citoquininas, promueve la división celular, el crecimiento y elongación de las células, la germinación de semillas, induce el crecimiento nuevos brotes en dormancia e inhibe el proceso de envejecimiento de las hojas. Las citoquininas están involucrados en el control y regulación de la maduración de los frutos (Giovannoni, 2001).

Se realizó un estudio en flores de rosa híbrida cultivar Exótica, las cuales fueron tratadas con BAP en poscosecha, si bien no se obtuvieron diferencias en la longevidad, se observó un aumento en el nivel de clorofilas, el consumo de agua se prolongó durante más tiempo y la turgencia final fue más alta, lo que marcó el efecto de las citoquininas (Mascarini *et al.*, 2004).

La concentración de BAP disminuye en la senescencia vegetal en hojas de tabaco transgénico (Wingler *et al.*, 1998); además, limita la degradación de pigmentos y proteínas fotosintéticas, y mantiene el equilibrio hídrico de los tejidos en trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) (Zavaleta *et al.*, 2007).

La aplicación de BAP a los 8 y 15 días antes de cosecha (DAC) a 'Fino de Jete' a 1.0 mM o 0 mM, los frutos tratados con 1 mM BAP, almacenados a TA, 15 días después de cosecha, conservaron el color L* de la cáscara más del 35 % en

relación al control. Quince días después de cosecha y en frutos almacenados a TA, la aplicación de 1.6 mM de RVS-1.0 mM BAP redujo la pérdida de peso 5.5 % para 'Ruth' y 9.9 % para 'Fino de Jete'; el color L*, oscurecimiento de cáscara, se redujo en 32.1 % para 'Ruth' y 27.7 % para 'Fino de Jete'. Esta combinación redujo el ablandamiento del fruto en 7.2 % para 'Ruth' y 10.3 % para 'Fino de Jete'; la cáscara del fruto fue más resistente en 5.2 % para 'Ruth' y 10.9 % para 'Fino de Jete'. Se comprobó que la actividad enzimática de pectinmetilesterasa (PME) y poligalacturonasa (PG) se relacionan íntimamente con el ablandamiento de chirimoya. La actividad máxima de PG fue mostrada a 7 DDC en frutos tratados con 1.6 mM RVS- 1.0 mM BAP en comparación a 5 DDC en frutos testigo tanto para 'Fino de Jete' y 'Ruth' (Morales, 2015).

Estas investigaciones han demostrado que BAP tiene efecto positivo sobre la senescencia y la conservación de frutos en la vida poscosecha.

2.10. Caracterización físico-química

2.10.1. Color de la epidermis y endocarpio de la guanábana.

El color es uno de los índices de madurez más relevante en frutas, constituye una medida rápida, funcional y muy práctica, no obstante se recomienda que este acompañado de por lo menos otras dos características fisicoquímicas para hacer una buena determinación en el índice de cosecha, en general se aplican técnicas sensoriales e instrumentales, siendo estas últimas de gran utilidad en el manejo en poscosecha de frutas y hortalizas con mayor precisión (Planella, 1987; Lana *et al.*,

2006; Salvador *et al.*, 2007). Las coordenadas de color L, a* y b*, son indicadores del estado de madurez de las frutas de guanábana, especialmente útil para establecer la madurez de cosecha y ser aplicada en campo.

El color de un alimento, incluyendo las frutas puede ser identificado a partir del sistema "CIELab" o "L, a, b" donde "L" corresponde a la luminosidad, con escala de 0 a 100, al color negro se representa con una luminosidad de 0 mientras al color blanco está caracterizado por 100. El factor "a" concierne al intervalo de colores entre el verde y el rojo, y factor "b" representa al intervalo de colores entre el -azul y el amarillo con cuyas combinaciones se puede expresar cualquier color y su evolución en el tiempo (Restrepo, 1995).

En poscosecha, los atributos de color cambian como consecuencia de la degradación de la clorofila y síntesis de otros metabolitos, como carotenoides y antocianinas, lo cual se debe a uno o varios procesos secuenciales, los más relevantes son debidos al pH, procesos oxidativos y la acción de las enzimas, destacando las clorofilasas (Bernal y Díaz, 2003).

Además de las escalas de a*, b* y L, se han realizado pruebas de color con valores de "h" (hue) y "c" (croma), el croma está relacionado con la saturación de un color y el hue es la forma como interviene el gris en el color (el rojo, el verde, el amarillo, etc.). En estudios recientes de guanábana, Evangelista *et al.* (2003) indican que los valores de matiz fueron entre $h = 92.9 \pm 2.5$ y 96.7 ± 2 y luminosidad entre $L^* = 46.3 \pm 2.7$ y 47.5 ± 3.7 , indicando un color verde brillante poco intenso.

2.10.2. Firmeza

La firmeza puede determinarse a través de distintas magnitudes de acuerdo al estado de madurez, como la resistencia a la deformación en frutos, el módulo de elasticidad, la indeformabilidad (stiffness) o cualquier otra magnitud proporcional a las anteriores. Aunque el método normalizado de determinación de la firmeza es a través de una medida de resistencia (ensayo de penetración Magness-Taylor) (Ruiz y Barreiro, 1996), debido a que los compuestos pectínicos van sufriendo cambios por la actividad de diversas enzimas, por ejemplo, la PME y las pectinasas, las enzimas hidrolizan y depolimerizan a estos compuestos cambiando la conformación de la pared celular (Vicente *et al.*, 2005) y solubilizando sus componentes principales.

2.10.3. Vitamina C

La vitamina C ($C_6H_8O_6$) o ácido ascórbico (AA) es uno de los principales indicadores nutricionales de las frutas, además de atribuírsele características o propiedades antioxidantes, es una vitamina soluble en agua y muy termo sensible, considerada cómo el factor antiescorbuto (Fisher y Hart, 1971; Fennema, 1993; Insel *et al.*, 2004), su concentración es de orden mili molar, los mayores niveles de AA se encuentran en tejidos fotosintéticos, frutos y órganos sumideros y su contenido es mayor en tejidos jóvenes que en adultos, aunque hay que tener en cuenta que el contenido de AA varía en función del tipo de tejido, el estado fisiológico de la planta, así como de las condiciones medioambientales.

2.10.4. Azúcares

El azúcar principal de la guanábana en estado de madurez de consumo es la sacarosa. El contenido del mismo depende del cultivar, del lugar de producción y del estado de madurez. Ramírez y Pacheco, (2001) mencionan que la pulpa de guanábana presenta valores de azúcares reductores de 43.76%.

2.10.5. Fenoles

Los compuestos fenólicos tienen diversos roles en la fisiología poscosecha. Pueden estar involucrados con la lignificación o deslignificación de las paredes celulares; así como también con la coloración, ennegrecimiento, de la cáscara y la pulpa. Así como ser influenciados por las condiciones agroecológicas de las zonas en estudio, se ha reportado entre las Anonas, importantes cantidades de fenoles totales en el mesocarpio, en el epicarpio y en las semillas de los frutos, por ejemplo, *Annona crassiflora* (652.64 mg/100 g) y *Annona cherimolia* Mill (323 mg/100 g) (Julián, 2009).

2.10.6 Acidez titulable

La acidez de las frutas está determinada por la presencia y concentración de ciertos ácidos orgánicos, como cítrico, málico, tartárico y ascórbico, los mayores niveles de AA se encuentran en tejidos fotosintéticos, frutos y órganos de almacenamiento y su contenido es mayor en tejidos jóvenes que en adultos. (Noctor y Foyer, 1998). El ácido predominante en frutas tropicales como la guanábana es el ácido cítrico.

La concentración de éstos depende del estado fisiológico del fruto, disminuyendo a medida que transcurre la madurez (Gil y Bautista, 1977; Tosun *et al.*, 2008).

2.10.7. Sólidos solubles totales (SST)

Do Sacramento *et al.*, (2003) determinó valores entre 12.1 y 13.8 °Bx en algunas selecciones de Brasil. En tanto que frutos provenientes de Morelos y Nayarit se han reportado valores entre 11 y 12 (Evangelista *et al.*, 2003) de acuerdo con el (Ministerio de Agricultura de Brasil, 1999) indica que la guanábana debe tener un mínimo de 9°Bx en consumo.

2.10.8. Pérdida de peso

La pérdida de peso es debido a la transpiración y la respiración. A mayores temperaturas de almacenamiento, ambos fenómenos se incrementan. Paull (1996), donde reportó pérdidas fisiológicas de peso en chirimoya de 14.2% a los ocho días de poscosecha, almacenadas a 22°C y 60% de humedad relativa (HR).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.0. Ubicación del experimento

Se llevó a cabo en un huerto comercial ubicado en la finca “La libertad”, Ejido 26 de octubre, Tapachula, Chiapas, localizado en las coordenadas: Longitud - 92.25194, latitud: 15.08666. La localidad se encuentra a una altitud media de 800 msnm (Figura 5).



Figura 5. Localización del huerto comercial de guanábana en Tapachula, Estado de Chiapas.

3.1. Descripción del experimento

Se realizó una aplicación de resveratrol (1.6 mM) y 6-bencil aminopurina (1.0 mM) a frutos de guanábana en 12 árboles, 10 días antes de la cosecha. Se emplearon 15 frutos para el tratamiento y 15 como control.

Los frutos fueron colectados en madurez fisiológica y trasladados al Laboratorio de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Chiapas donde se almacenaron a 18°C, se hicieron muestreos para los días 1, 5, 8 y 11 después de la cosecha, midiendo las variables físicas (Figura 6). Las muestras obtenidas de pulpa y cáscara se almacenaron a una temperatura de -20°C y se llevaron al Laboratorio de Horticultura de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México donde se analizaron las variables bioquímicas. Para cada uno de los muestreos se emplearon tres repeticiones para el tratamiento y tres para el control, un fruto por cada repetición.



Figura 6. Cosecha de frutos de guanábana.

3.2. Variables evaluadas en poscosecha.

3.2.1. Pérdida de peso

La pérdida de peso se determinó pesando los frutos en una balanza semi analítica registrando el primer peso como 100% y la diferencia entre los días de muestreo se reportó como porcentaje de pérdida de peso (%) (Figura 7).



Figura 7. Evaluación de peso de frutos de guanábana.

3.2.2. Firmeza

La firmeza de cáscara se evaluó con un penetrómetro Chatillon modelo DFE-050, con una probeta de puntal cónico de 0.7 cm de diámetro a 5 mm de profundidad en 3 diferentes puntos del área de los frutos. Los resultados se reportaron en Newtons (N) (Figura 8).



Figura 8. Medición de firmeza en frutos de guanábana.

3.2.3. Color

El color de la cascará se midió con un equipo Color X-rite programado tres disparos por fruto en diferentes áreas de la cáscara. Los valores reportados son en escala de CIELab (L, a*, b*, c y h) (Figura 9).



Figura 9. Medición del color de frutos de guanábana.

3.2.4. Sólidos solubles totales

Se tomó una pequeña porción de la pulpa de guanábana se incorporó de manera directa pequeñas gotas en el refractómetro SPER SCIENTIFIC 300034. Los resultados fueron expresados en °Brix.

3.2.5. Acidez titulable

La acidez se midió por titulación con base a la metodología de la AOCC (2009). Se pesaron 5 g de pulpa de guanábana y se maceró en 30 ml de agua destilada. La determinación se realizó por titulación con una solución valorada hidróxido de sodio al 0.1 N, se transfirieron 10 mL de la muestra en un matraz Erlenmeyer y se le adicionó dos gotas de fenolftaleína. Posteriormente se tituló la muestra hasta que se obtuvo el valor de cambio de color, donde se registraron los gastos de cada tratamiento con 3 repeticiones (Figura 10).

Para conocer la acidez titulable, se realizó el cálculo con la siguiente formula:

$$\% \text{ Ácido cítrico} = \frac{(\text{ml NaOH}) * N(\text{NaOH}) * \text{Volumen total} * \text{m. equiv} * 100}{\text{Alícuota (ml)} * \text{peso de la muestra (g)}}$$

Dónde:

- ml NaOH = volumen de NaOH empleado en la titulación.
- N (NaOH) = normalidad del NaOH empleado al 0.1.
- Volumen total = volumen ocupado por la pulpa y el agua.
- mequiv = equivalencia del ácido cítrico (0.064).
- Alícuota = volumen de la muestra empleada (30 ml).
- Peso de la muestra = peso de la pulpa empleada (5 g)



Figura 10. Determinación de acidez titulable en frutos de guanábana.

3.2.6. Azúcares

Se preparó una muestra madre para el análisis de azúcares totales y compuestos fenólicos, pesando 2 g de pulpa de guanábana, macerada con 40 ml de alcohol al 80%, dicha solución fue sometida a baño maría, por 5 minutos, se dejó enfriar a temperatura ambiente se filtró y guardó en botellas pequeñas de plástico 15 ml, donde se almacenaron a -20°C (Figura 11).



Figura 11. Obtención de muestra madre para la determinación de azúcares totales y compuestos fenólicos.

La determinación de azúcares totales, se utilizó el método de antrona descrito por (Witham *et al.*, 1971). Para la realización de la curva patrón (Figura 12) se pesaron 0.030 g de glucosa en 100 ml de agua destilada, de esta solución se tomaron concentraciones de 0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.8, 1.0, 1.2 y 1.5 ml ajustándolos a 3ml de agua destilada y se le agregaron 6 ml de antrona (0.05 g de antrona en 100 ml de

ácido sulfúrico) cada prueba fue realizada por triplicado, finalmente se midió la absorbancia a 600 nm en el espectrofotómetro Génesis 1 ThermoScientific.

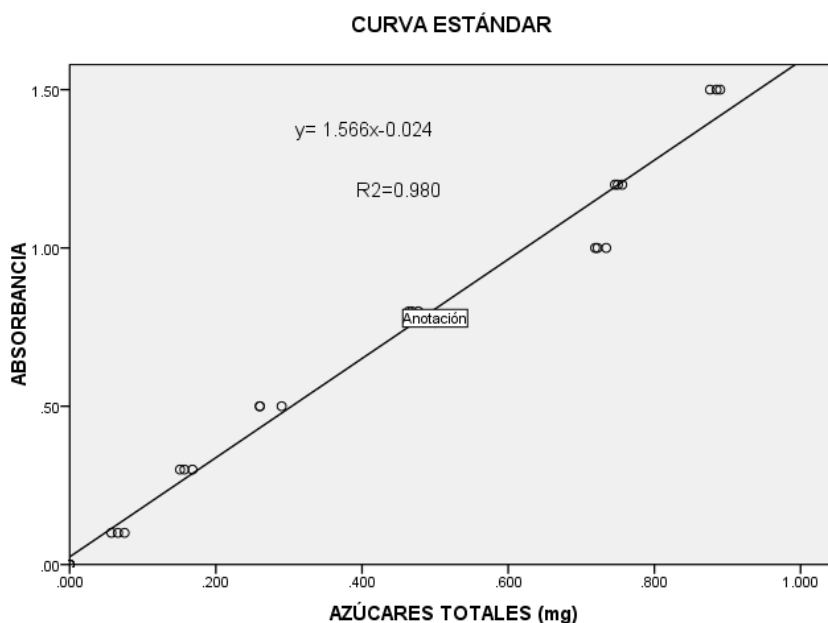


Figura 12. Curva estándar de azúcares totales expresados en mg EG g⁻¹ PF.

De la solución madre para evaluar las muestras se tomó 1 ml y se hidrolizó en baño maría, posteriormente fue diluido en 10 ml de agua destilada, agitando por 30 s cada tubo, de dicha muestra se tomaron 0.3 ml y se colocó en un tubo de ensaye por triplicado ajustándolo a 3 ml con agua destilada. Los tubos fueron sometidos a baño de agua fría, a cada uno se le agregaron 6 ml de la solución antrona. Posteriormente los tubos de ensaye se colocaron a baño maría a ebullición por 3 min, pasado ese tiempo se bajó la temperatura en agua fría y

finalmente se tomó la lectura de la absorbancia a 600 nm. Los resultados fueron reportados en mili gramos de equivalentes de glucosa por gramo de peso fresco (mg EG g⁻¹ PF) las pruebas fueron hechas por triplicado (Figura 13).

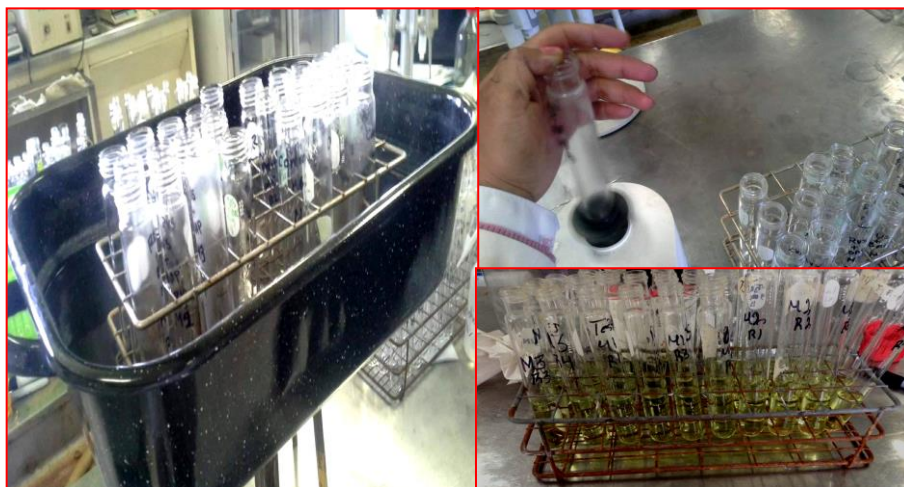


Figura 13. Determinación de azúcares totales en frutos de guanábana.

3.2.7. Ácido ascórbico o vitamina C

Se determinó por el método de yodimetría reportada por Ciancaglini *et al.* (2001) con algunas modificaciones. Cada muestra se tomaron 5 g de pulpa y se maceraron en 30 ml de agua destilada, se le adicionaron 0.25 ml de HCL (15% v/v), 1 ml de almidón (1% v/v), posteriormente se diluyo el yodo con una normalidad de 2.41 en la bureta, haciendo una titulación lentamente y agitando la disolución contenida en el Erlenmeyer, hasta que viró a color azul.

3.2.8. Compuestos Fenólicos

Para la determinación de los compuestos fenólicos se utilizó el método de Folín-Ciocalteu descrito, por (Waterman y Mole 1994), con algunas modificaciones. Se pesaron 0.030 mg de ácido tánico (SIGMA) y se diluyeron con 100 ml de agua destilada donde se realizaron tres repeticiones con volúmenes de 0, 0.1, 0.3, 0.6, 0.8 y 1.0 ml de la solución de ácido tánico en tubos de ensaye que contenían 12 ml de agua destilada posteriormente se realizó el mismo procedimiento, tomando 0.5 ml de la concentración para las muestras problema (Figura 14).



Figura 14. Determinación de la curva patrón para compuestos fenólicos.

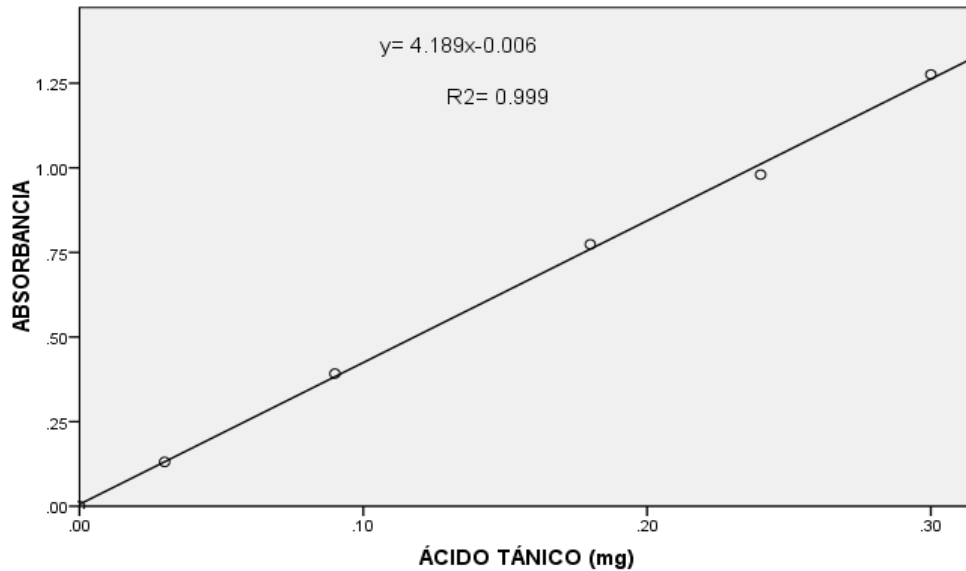


Figura 15. Curva estándar para determinar la concentración de compuestos fenólicos en frutos de guanábana.

Una vez obtenida la curva (Figura 15) se adicionó por triplicado 12 ml de agua destilada seguido de 0.5 ml de muestra madre, esta solución se mezcló y se adicionó 0.5 ml del reactivo Folín Ciocalteu (SIGMA) y se mezcló nuevamente. Después de 1 min y antes de 8 min, se le agregó 1.5 ml de solución de carbonato de sodio 20%, este momento se registró como “tiempo cero” y se diluyó nuevamente. Se aforó con agua destilada a 15 ml y se agitó. La muestra se dejó reposar durante 30 min a partir del tiempo cero y finalmente se midió la absorbancia a 760 nm en in espectrofotómetro Génesis 10vis, thermoScientific. Los datos fueron reportados en mg de equivalentes de ácido tánico por gramo de peso fresco (mg ATg^{-1} PF), dichas pruebas fueron hechas por triplicado.

3.3. Análisis estadístico

Todas las pruebas se llevaron a cabo bajo un diseño completamente al azar. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para todas las variables y cuando el valor de F fue significativo, se hizo la comparación de medias con la prueba t de student a un nivel de significancia de $p \leq 0.05$. Las salidas se realizaron con el software SPSS (Statistical Package Social Science) versión 2012 y las gráficas se elaboraron con el paquete Sigma Plot 2010.

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.0. Pérdida de peso

Los resultados obtenidos muestran que la aplicación simultánea de RVS + BAP en frutos de guanábana no generó diferencia estadística para pérdida de peso ($p < 0.05\%$). Para el día 5 de almacenamiento, los frutos tratados presentaron pérdida de peso de 3.93% de su peso inicial, mientras que el control perdió 6.4%. Al día 8 tanto los tratados como el control perdieron 7.9 y 10.1%, respectivamente. Al final del periodo de evaluación, la pérdida de peso fue mayor para los frutos control con valores de 13.8% y para los tratados con RVS + BAP fue de 11.5% (Figura 16). Estos resultados son similares a lo reportado por Paull (1996), donde reportó que, para frutas de chirimoya, encontró pérdidas fisiológicas de peso de 14.2% a los ocho días de poscosecha, almacenadas a 22°C y 60% de humedad relativa (HR).

Contrario a lo reportado por Morales *et al.* (2015), la aplicación de 1.6 mM de RVS-1.0 mM BAP no redujo la pérdida de peso, estos autores reportan que la aplicación de este tratamiento redujo en 5.5 % para “Ruth” y 9.9 % para “Fino de Jete”. En este trabajo no se observa influencia del RVS+BAP sobre la pérdida de peso de frutos de guanábana durante su almacenamiento poscosecha.

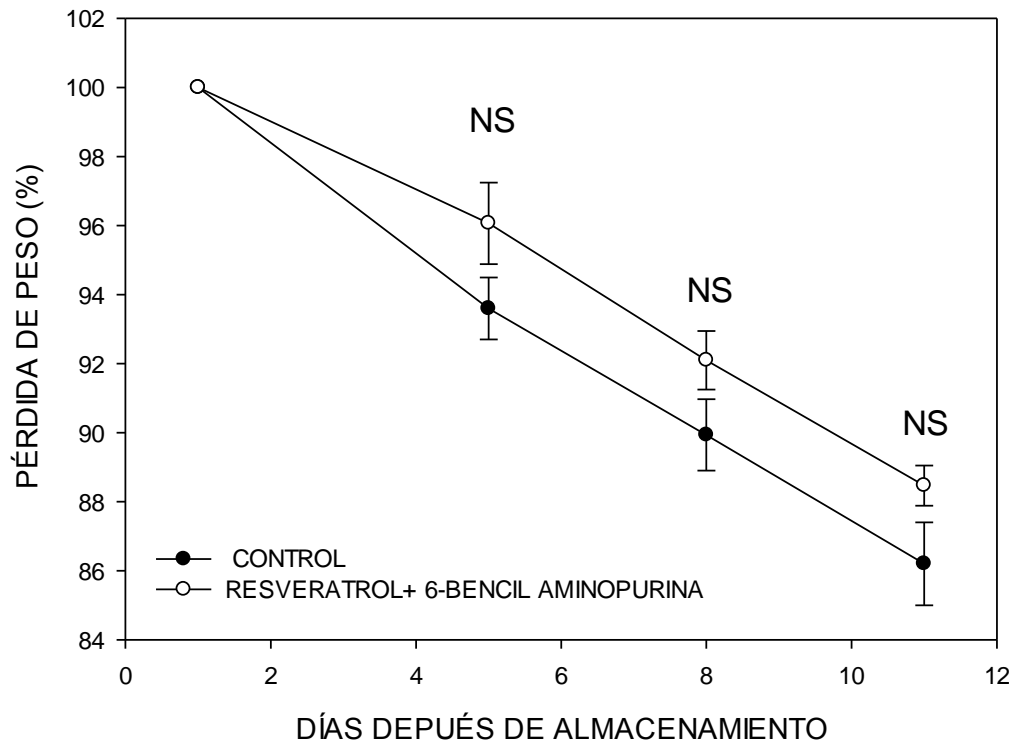


Figura 16. Cinética de peso en frutos de guanábana tratados con RVS+ BAP durante su almacenamiento poscosecha. NS, no significativo con la prueba t de student a 0.05. Los datos son la media de 3 repeticiones, un fruto por repetición \pm EE.

4.1. Color L (Luminosidad)

La aplicación de RVS+BAP en la epidermis de las muestras evaluadas mantuvieron el factor L durante el periodo de almacenamiento. Al momento de corte de la guanábana, puede apreciarse un color característico de negro a verde en la epidermis, como se observa en la (Figura 17). El parámetro L* en el día 1

presentó valores de 40.79 para el control y para los tratados de 40.65. Al día 5 disminuyó a 40.41 el control y a 38.40 en los tratados. Para el día 8 de almacenamiento descendió a 37.65 para el control mientras que para los tratados el valor reportado fue de 40.35. Al finalizar los días de almacenamiento (día 11) existió diferencia significativa entre los tratamientos al $p < 0.05$), los frutos control presentaron valores de L de 31.33 y 39.00 en los tratados; este comportamiento es visible por la pérdida de la luminosidad en la epidermis del fruto (Figura 18). Estos resultados son similares a lo reportado por Evangelista *et al.* (2003) donde indicaron que, en frutos de guanábana cultivados de diferentes selecciones en Jiutepec, Morelos, presentaron valores de luminosidad entre 46.3 ± 2.7 y 47.5 ± 3.7 , indicando un color verde brillante poco intenso.



Figura 17. Comparación de frutos tratados con RVS+BAP y el control al día 5 de almacenamiento.

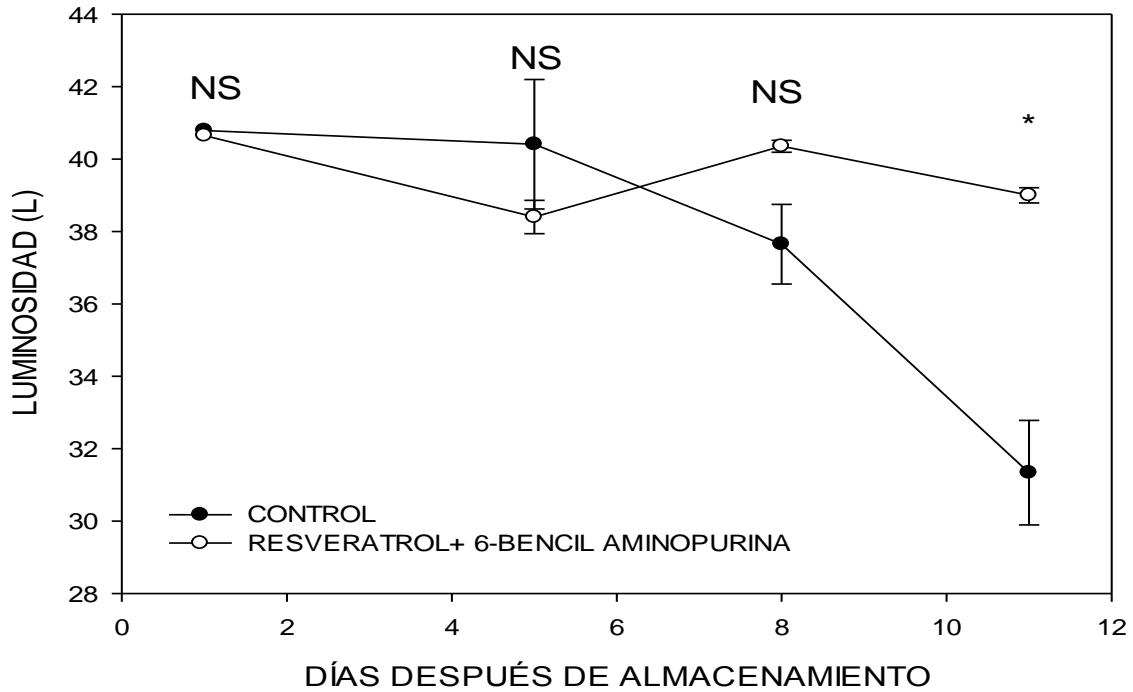


Figura 18. Cinética de color L en frutos de guanábana tratados con RVS+ BAP durante su almacenamiento poscosecha. NS, no significativo; * significativo con la prueba t de student a 0.05. Los datos son la media de 3 repeticiones, un fruto por repetición \pm EE.

Por otro lado, Márquez (2009) menciona que la luminosidad (L) de la epidermis en frutos de guanábana disminuyó ligeramente hasta el día 5 de poscosecha, a partir del cual mostró acelerada pérdida de luminosidad del fruto; la cual se hizo más intenso para los días 7, 8 y 9, período que corresponde a la etapa de sobre madurez de las frutas e inicio de la senescencia, para el endocarpio o pulpa la luminosidad decrece continuamente durante toda la etapa de poscosecha. De

acuerdo con Islam *et al.*, (1996) y Umme *et al.*, (1997) tanto para la epidermis cómo para el endocarpio, se presentó menor variación relativa de los resultados en las etapas correspondientes a las frutas inmaduras (días 0, 1 y 2 de poscosecha). La aplicación de RVS + BAP contribuye a la conservación del factor L en el color de la cáscara de guanábana después de 11 días de almacenamiento a temperatura ambiente (18°C) lo que mejora la calidad visual de estos frutos.

4.2. Color a*

La aplicación simultánea de RVS+BAP tuvo significancia ($p < 0.05$) a los once días después de cosecha en el factor a*, donde los frutos tratados presentaron -9.09 y los control -3.21. Esto indica que la aplicación precosecha de estos biorreguladores influyó en la conservación del color a* al finalizar el periodo de evaluación (11 días) (Figura 19).

Márquez (2009) menciona que en la cáscara de frutos de guanábana la coordenada a* presentó los valores más negativos para las frutas al momento del corte, luego tiene un comportamiento creciente que se intensifica con la madurez y sobre madurez, presentando valores positivos en la última etapa de poscosecha. Este comportamiento puede ser explicado probablemente porque se encuentra asociado con la disminución de clorofila b, por actividad enzimática hidrolizándose a clorofilida y fitol (Yang *et al.*, 2009).

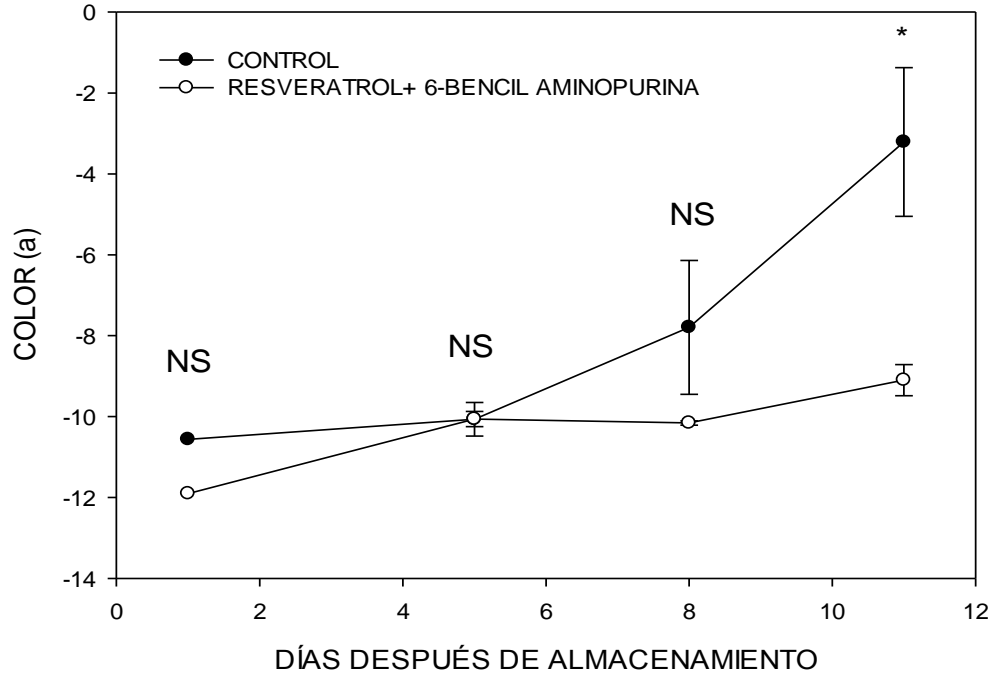


Figura 19. Cinética de color a en frutos de guanábana tratados con RVS+ BAP durante su almacenamiento poscosecha. NS, no significativo; * significativo con la prueba t de student a 0.05. Los datos son la media de 3 repeticiones, un fruto por repetición \pm EE.

4.3. Color b*

El factor b* del color no presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) durante el almacenamiento poscosecha. Durante los primeros 8 días de almacenamiento se mantuvo la coloración b* en los frutos tratados con RVS-BAP y los frutos control. Sin embargo, después de ese día existió un descenso en el valor de b* para los

frutos control (Figura 20); descenso que no existió en el tratamiento RVS-BAP, pero no se afectó estadísticamente.

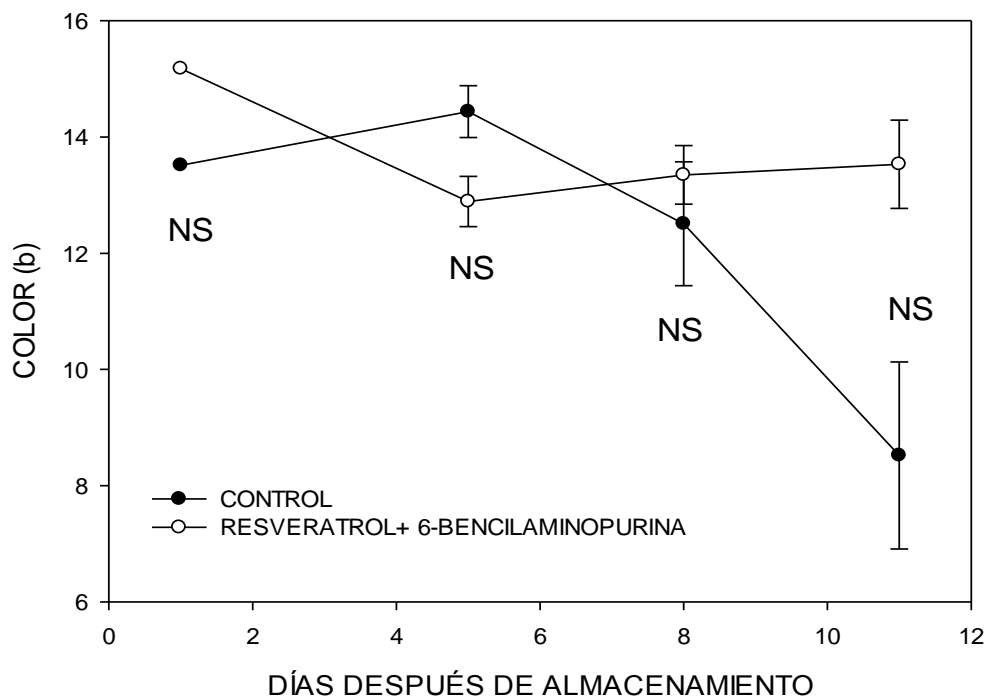


Figura 20. Cinética de color b en frutos de guanábana tratados con RVS+ BAP durante su almacenamiento poscosecha. NS, no significativo con la prueba t de student a 0.05. Los datos son la media de 3 repeticiones, un fruto por repetición \pm EE.

Márquez (2009) indicó que la coordenada b^* en la epidermis presentó decrecimiento ligero y continuo hasta el día 4 de poscosecha, a partir del cual acelera notablemente su decrecimiento, siendo más pronunciado en la etapa de

sobremaduración disminuyendo la intensidad de color, lo cual podría estar asociado con la disminución de clorofila a, debido a que la clorofila b posee una estructura similar a la de la clorofila a, pero el grupo 3-metilo se halla sustituido por el grupo 3-formilo, esta pequeña diferencia, produce cambios en las absorciones visibles, y a simple vista el color de una disolución de esta clorofila es verde, a diferencia de una de clorofila a que es azul; por lo tanto, la coordenada de color b^* , estaría asociada a la clorofila a, y al reducir su concentración con la maduración igualmente ocasiona una disminución de la coordenada b^* . El endocarpio mostró un comportamiento ligeramente creciente hasta el día 4 y luego presentó disminución hasta la sobremaduración, siendo en esta última etapa de poscosecha más acentuado el descenso de la tonalidad (Islam *et al.*, 1996).

4.4. Hue (h)

Los resultados muestran que, al inicio de la poscosecha, el control registró 109.61 contra el RVS+BAP que presentó 110.17. Para los días posteriores, el factor hue a los 5 días disminuyó ligeramente 106.02 en el control y en el tratado 109.57, pero al día 11, el valor de este factor del color en los frutos decreció a 84.98 mientras el tratado reportó valores de 104.86, pero no fue estadísticamente significativo (Figura 21).

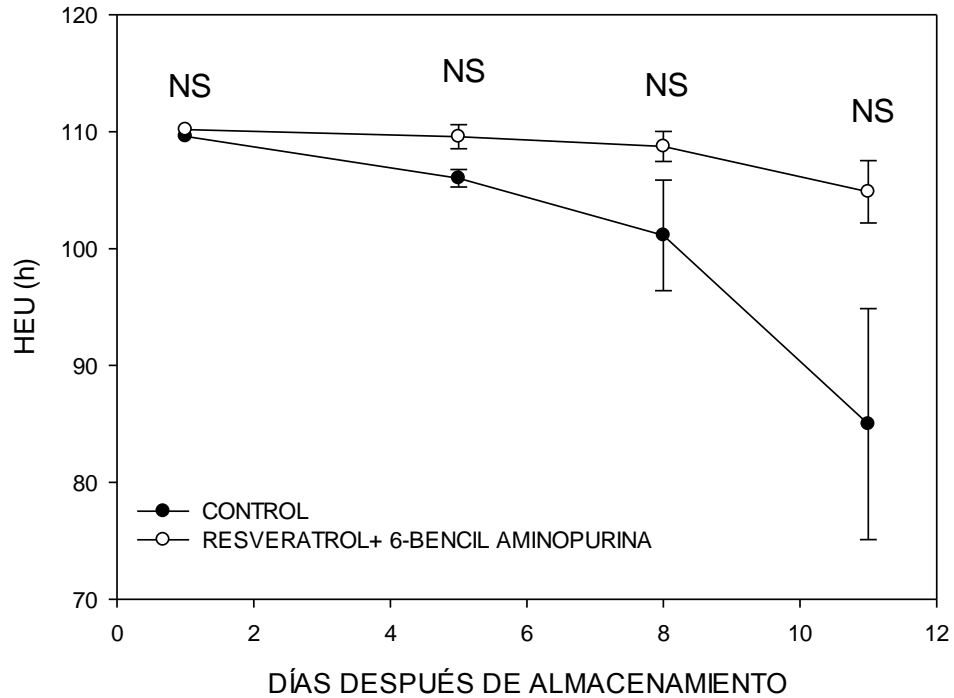


Figura 21. Cinética de (h) en frutos de guanábana tratados con RVS+ BAP durante su almacenamiento poscosecha. NS, no significativo con la prueba t de student a 0.05. Los datos son la media de 3 repeticiones, un fruto por repetición \pm EE.

A pesar de que no existió diferencia significativa, visualmente se observó que al día 11 después de almacenamiento los frutos tratados con RVS + BAP presentaron mejores características de color (Figura 22).



Figura 22. Comparación de los frutos al final de su evaluación (día 11).

Evangelista *et al.* (2003) indican que, en frutos de guanábana cultivados en Jiutepec, Morelos, los valores de matiz fueron entre $h = 92.9 \pm 2.5$ y 96.7 ± 2 . Estos valores están por debajo de los valores reportados en este trabajo para el material proveniente del estado de Chiapas donde se registraron valores cercanos a 110.17. Esto posiblemente por el tipo de material evaluado y los factores de desarrollo del mismo.

4.5. Croma (C)

La aplicación de RVS + BAP sobre el parámetro de cromaticidad (c) que indica la saturación del color, no mostraron diferencia significativa ($p < 0.05$) en el color de la cáscara de los frutos evaluados. El control mantuvo una saturación baja desde el inicio después corte con 19.00 aumentando ligeramente al día 5 con 19.50

seguido de 16.37 al día 8 y hasta el punto de sobre madurez (día 11) con 10.35 (Figura 23). Los tratados con RVS + BAP registraron al primer día saturación de 21.20 disminuyendo al día 5 a 17.81, posteriormente un ligero aumento a 18.57 al día 8 de almacenamiento, este comportamiento continuó para el día 11 con una ligera disminución a 18.03. La disminución de estos valores puede ser debido a que en la madurez las frutas de guanábana en etapa poscosecha se torna a colores oscuros opacos. De la misma manera que para el factor Hue, en los frutos control hubo un descenso del factor croma a los 11 días después de la cosecha, pero no fue estadísticamente significativa.

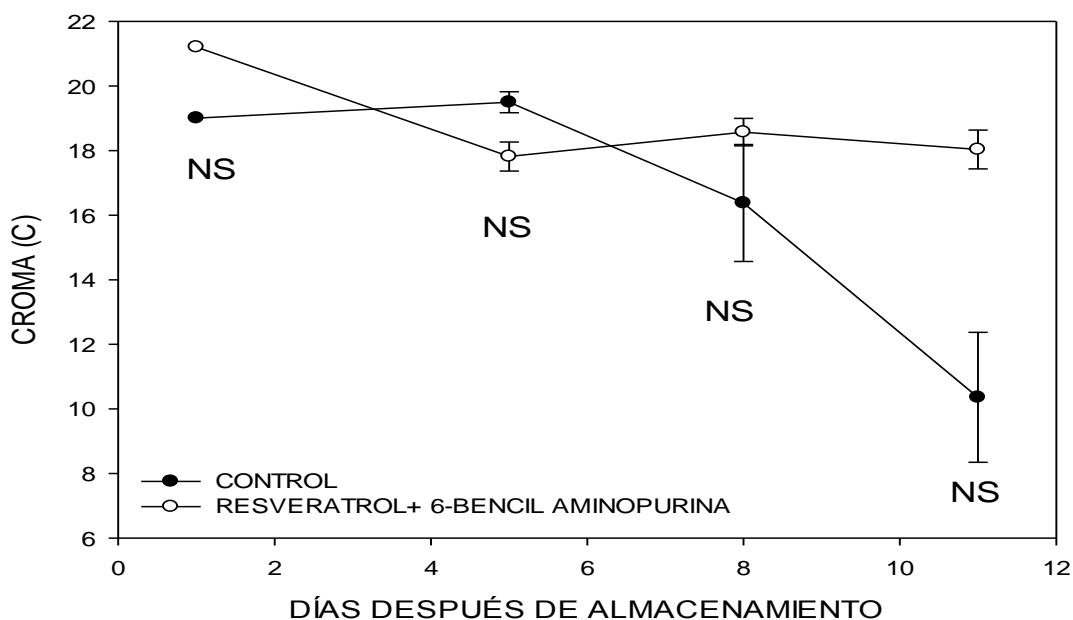


Figura 23. Cinética de c en frutos de guanábana tratados con RVS+ BAP durante su almacenamiento poscosecha. NS, no significativo con la prueba t de student a 0.05. Los datos son la media de 3 repeticiones, un fruto por repetición \pm EE.

4.6. Acidez titulable

Para acidez titulable no existió diferencia significativa ($p < 0.05$) durante el periodo de almacenamiento. Sin embargo, en la evolución de la misma se pudo observar que los frutos control llegaron a su máximo de acidez titulable al día 5 (0.852) después de cosecha, mientras que en los frutos tratados con RVS y BAP, la acidez titulable llegó a su máximo hasta el día 11 (0.586) de almacenamiento

mientras que en los controles el valor bajo hasta 0.414 para el mismo día (Figura 24).

El porcentaje de acidez encontrado en este trabajo, es similar a los datos reportados en otros estudios (Morton, 1987; Sacramento *et al.*, 2003; Pantoja *et al.*, 2005; Villalba *et al.*, 2006). Durante la maduración el porcentaje de acidez disminuye producto del metabolismo interno de los frutos, sin embargo, la tendencia de aumento observada en este trabajo es reportada por Mosca *et al.*, (2006) donde menciona que las anonáceas parecen existir una tendencia clara al aumento de la acidez titulable en relación a la maduración.

Márquez (2009) mencionó que la acidez total de la guanábana aumentó durante toda la etapa climatérica hasta alcanzar el máximo de 0.74% en el día 6 de poscosecha, coincidiendo con la madurez de consumo. El pH presentó comportamiento inverso a la acidez lo que es normal, debido a que a mayor acidez menor pH, el mínimo valor en el pH se obtuvo consecuentemente para el día 6 de poscosecha, en la etapa pos climatérica la disminución de la acidez, puede ser debida probablemente al consumo de éstas moléculas orgánicas, en los diferentes ciclos metabólicos para proporcionar la energía requerida por la fruta, además muchos de los ácidos orgánicos participan como precursores de sustancias volátiles, que intensifican su presencia durante este período (Park *et al.*, 2006).

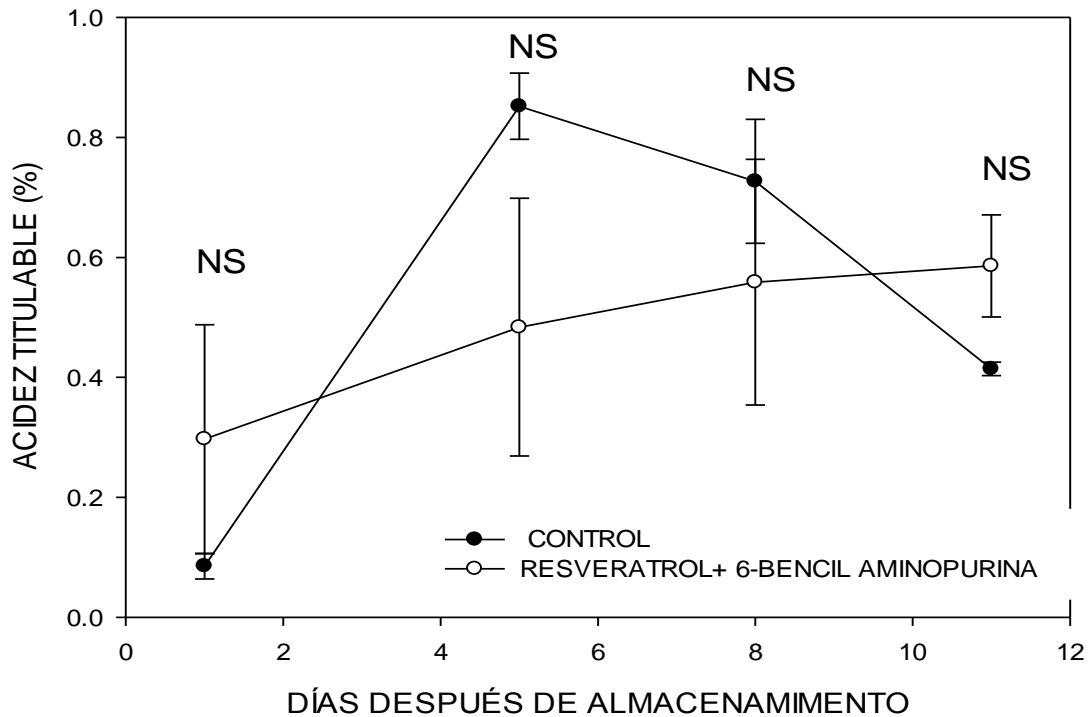


Figura 24. Cinética de acidez titulable en frutos de guanábana tratados con RVS+ BAP durante su almacenamiento poscosecha. NS, no significativo con la prueba t de student a 0.05. Los datos son la media de 3 repeticiones, un fruto por repetición \pm EE.

4.7. Sólidos solubles totales

Para los sólidos solubles totales (SST) no existió diferencia estadística ($p < 0.05$) durante los 11 días después de cosecha. Para ambos tratamientos existió un aumento de los contenidos de SST; aunque en un inicio, las guanábanas tratadas

con RVS y BAP presentaron ligeramente menor valor °Brix; a los 11 días de la cosecha el valor de SST fue muy similar para ambos tipos de fruta (Figura 25).

Los contenidos de SST son similares a lo reportado por Paull y Duarte (2011) donde mencionan que tres días después de cosecharse los frutos alcanzan valores entre 10 y 16%. Chaparro *et al.*, (1993) midieron concentraciones para frutas maduras de guanábana de 13°Bx. En los frutos de guanábana, el pico climatérico corresponde a un incremento en el contenido de sólidos solubles, el valor del pH disminuye y la acidez titulable aumenta, debido al aumento en las concentraciones de ácido málico y ácido cítrico. Por otro lado, Borrero *et al.* (1995) indican que la guanábana en madurez fisiológica alcanza valores de 7.0 °Bx.

Do Sacramento *et al.*, (2003) determinó valores entre 12.1 y 13.8 °Bx en algunas selecciones de Brasil. En tanto que frutos provenientes de Morelos y Nayarit se han reportado valores entre 11 y 12 (Evangelista *et al.*, 2003) de acuerdo con el (Ministerio de Agricultura de Brasil, 1999) indica que la guanábana debe tener un mínimo de 9 °Bx en consumo.

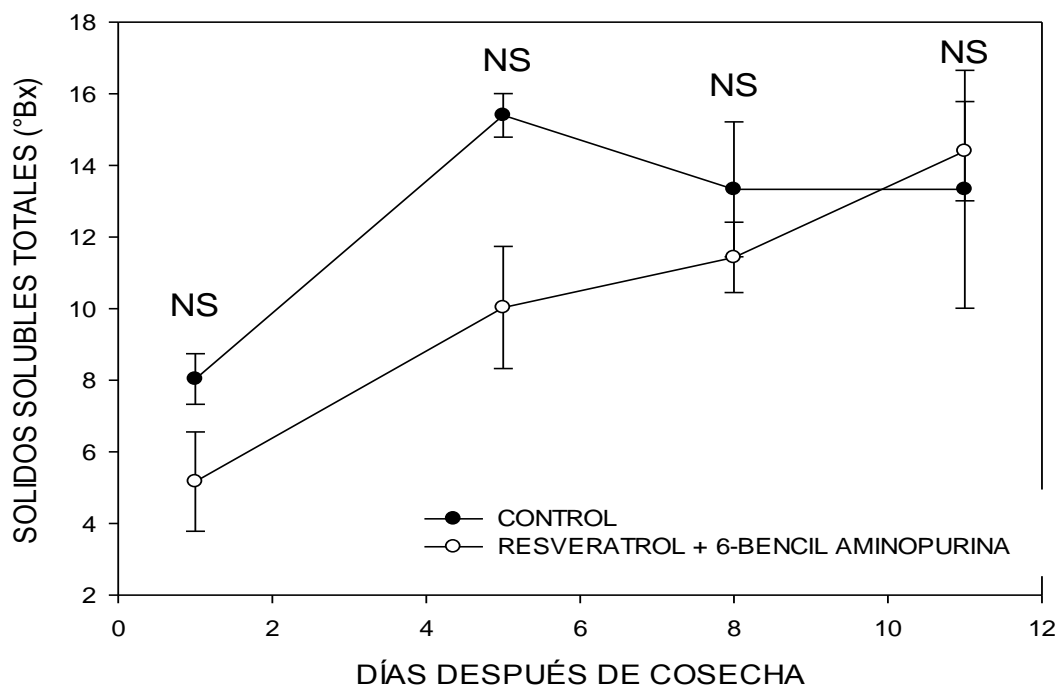


Figura 25. Cinética de sólidos solubles totales en frutos de guanábana tratados con RVS+ BAP durante su almacenamiento poscosecha. NS, no significativo con la prueba t de student a 0.05. Los datos son la media de 3 repeticiones, un fruto por repetición \pm EE.

4.8. Firmeza en cáscara

La aplicación simultánea de RVS y BAP no generó diferencia estadística ($p < 0.05$) a excepción del día 1 sobre la pérdida de firmeza en la cáscara de frutos de guanábana. Al día 1 se registró 117.20 N en los frutos tratados, mientras que el control 99.300 N. Posteriormente, no existieron diferencias estadísticas. Así, a los 5 días presentó valores de 32.93 N y 96.96 N para el control y los tratados

respectivamente. Este comportamiento siguió disminuyendo para ambos tratamientos para el día 8 con 12.5 N para el control y 55.5 N para los tratados. La firmeza en la cáscara del control al día 11 presentó valores de 2.633 N y los tratados de 5.900 N (Figura 26)

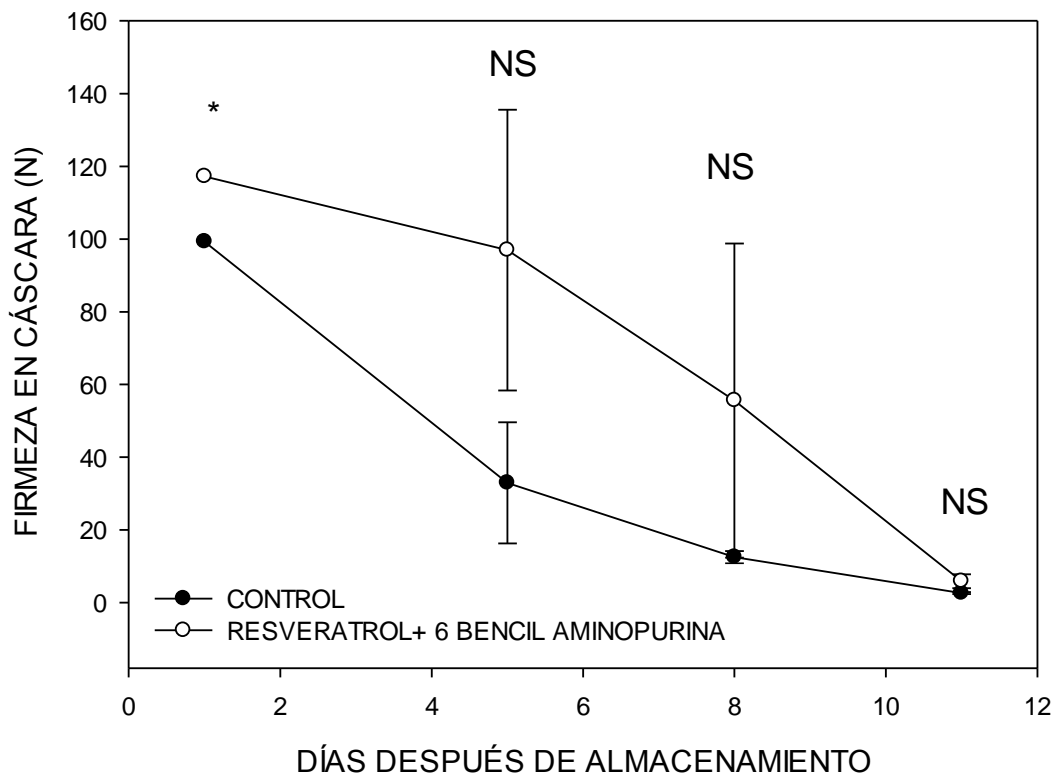


Figura 26. Cinética de firmeza de cáscara en frutos de guanábana tratados con RVS+ BAP durante su almacenamiento poscosecha. NS, no significativo; * significativo con la prueba t de student a 0.05. Los datos son la media de 3 repeticiones, un fruto por repetición \pm EE.

De acuerdo con lo reportado con Márquez *et al.* (2012), la guanábana en etapa madura presenta firmeza entre 4.7 y 7.4 N y en la etapa de sobre madurez los valores son en promedio de 3.6 N, lo que concuerda los datos mostrados en este trabajo; donde después del día 9 la sobre madurez de la guanábana muestra valores de 5 a 2 N. Para otros cultivares de guanábana se han reportado valores de 60 N para el día 0 de poscosecha y comportamientos similares durante el resto del período (De Lima *et al.*, 2003).

Los cambios ocurridos a nivel de la pared celular donde hay hidrólisis de los compuestos pécticos por acción de las enzimas PME, poligalacturonasa y celulasa, puede influir, presentándose como resultado final la pérdida de firmeza en las frutas de guanábana (Silveira, 2007). En la maduración se expresan muchas enzimas relacionadas con la pared celular que modifican la plasticidad de la pared (Öpik y Rolfe, 2005), lo que ocasiona el ablandamiento excesivo de los frutos, lo que limita su transporte y comercialización, disminuyendo su calidad organoléptica traduciéndose en pérdidas económicas para los productores.

Por otro lado, Jiménez *et al.* (2016) mencionan que la firmeza en frutos de guanábana fue la variable con mayor coeficiente de variación (71.4 N), los valores fueron entre 3.93 y 42.3 N. Márquez *et al.* (2012) indican que la guanábana en etapa madura su firmeza es entre 4.7 y 7.4 N, mientras que en la etapa sobre madura los valores son en promedio de 3.6 N. Lo anterior sugiere que la firmeza promedio de la población fue coincidente con una etapa madura, dado que en promedio la firmeza tuvo valores de 8.3 N.

4.9. Azúcares totales

En este estudio no se mostraron diferencias estadísticas en ambos tratamientos al ($p < 0.05$), para el primer día en el control el contenido de azúcares totales fue de 117.166 mg EG g⁻¹ PF y en los tratados fue de 165.786 mg EG g⁻¹ PF. Posteriormente en los frutos control, existió un incremento paulatino hasta el día 8 en almacenamiento; para posteriormente descender en el día 11 de almacenamiento. Por su lado, los frutos tratados con RVS y BAP presentaron contenidos relativamente sin cambios durante los 11 días de almacenamiento (Figura 27).

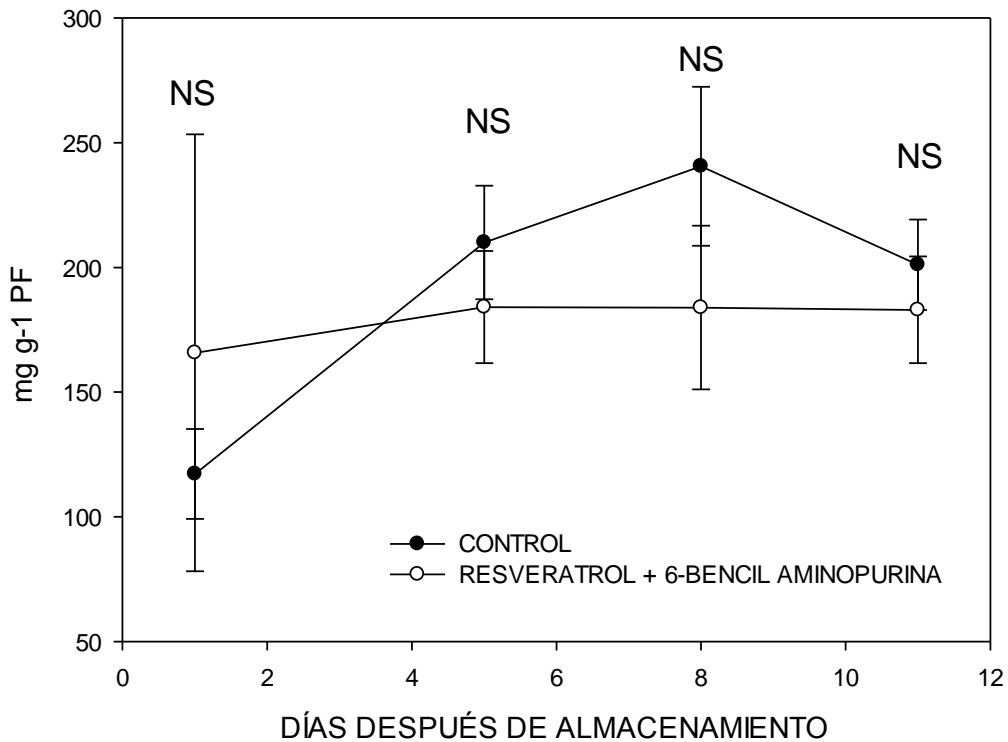


Figura 27. Cinética de azúcares totales en frutos de guanábana tratados con RVS+ BAP durante su almacenamiento poscosecha. NS, no significativo con la prueba t de student a 0.05. Los datos son la media de 3 repeticiones, un fruto por repetición \pm EE.

Franco *et al.* (2001), encontraron que, en la concentración de azúcares totales en guanábana expresada en miligramos de glucosa por gramo de pulpa fresca, presentó aumento pronunciado durante los primeros estados de desarrollo y en frutos en madurez de consumo después de 100 días del amarre con una cantidad de 199 mg EG g⁻¹ PF.

Ramírez y Pacheco, (2001) mencionan que la pulpa de guanábana presenta valores de azúcares totales entre 43.76 y 77.19%. Moreno *et al.* (2008) encontraron que la cosecha de ilama a los 85 días después de antesis garantiza frutos con altos contenidos de azúcares totales, reductores y SST. La mayor acumulación de azúcares totales, reductores y sólidos solubles totales se presentó durante la última etapa de crecimiento, para el caso de los frutos de pulpa blanca a partir de los 78 DDF, mientras que los de pulpa rosa a los 85 días alcanzando a la cosecha los valores para los de pulpa blanca y rosa de 12.6 y 12.8% en azúcares totales, 6.3 y 10.4 en azúcares reductores, y 13.0 y 14.8 °Bx respectivamente.

En estudios realizados en 'Fino de Jete' y 'Bronceada' por Morales *et al.* (2014), cuando a los frutos se les aplicó resveratrol 8 y 15 días antes de la cosecha en dosis; 0, 0.016, 0.16 y 1.6 mM, existieron diferencias en los contenidos de azúcares reductores por las particularidades intrínsecas de cada cultivar. Los frutos de 'Fino de Jete' al primer día después de cosecha, presentaron mayor contenido de azúcares reductores que los frutos de 'Bronceada'. En ambos cultivares, al séptimo día después de cosecha, los azúcares reductores se incrementaron al doble en relación al primer día de cosechados; y a los 15 de cosechados, este incremento continuo en menor cantidad, hasta alcanzar valores promedios de 16.5 y 15.5 mg g⁻¹ de peso fresco, respectivamente, para 'Fino de Jete' y 'Bronceada', respectivamente. Con la aplicación de 1.6 mM de resveratrol 8 días antes de la cosecha, en los frutos de 'Fino de Jete' a los 15 días de cosechados se observó la única diferencia estadística, con menor cantidad de este

metabolito en relación, exclusivamente, al control (0 mM de resveratrol). Esta diferencia fue del 2%, lo cual implica una menor dulzura por la aplicación de 1.6 mM de resveratrol y posiblemente sea explicada por un efecto inhibitor o retardante del proceso de maduración de este estilbeno sobre las chirimoyas. En 'Bronceada' fue menor la cantidad de azúcares reductores en los frutos tratados con 1.6 y 0.16 mM de resveratrol en relación a los otros dos tratamientos, solamente en el primer día después de cosechados y en los frutos tratados 8 días antes de la cosecha. Posiblemente las diferencias genéticas de los cultivares explique que resveratrol afectó ligeramente la calidad de pulpa solo en 'Fino de Jet'. Los resultados de esta investigación sugieren el posible efecto del RVS + BAP sobre el contenido de azúcares totales, particularmente la cinética de los mismos, ya que no aumentaron de manera continua.

4.10. Compuestos fenólicos.

El contenido de compuestos fenólicos determinados en frutos de guanábana mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) al día 1 y 11. La concentración de compuestos fenólicos al día 1 en los frutos control fue de 6.6 mg EAT g⁻¹ PF y para los tratados 5.36 mg EAT g⁻¹ PF. Posteriormente, se observó en el control una ligera disminución a 5.89 mg EAT g⁻¹ PF, aumentando su concentración al día 8 a 6.48 mg EAT g⁻¹ PF y al final valores promedio de 7.84 mg EAT g⁻¹ PF. En el caso de los frutos tratados, aumentó la concentración para el día 5 a 5.42 mg EAT g⁻¹ PF, disminuyendo al día 8 a 5.04 mg EAT g⁻¹ PF, el mayor contenido de estos metabolitos se presentó al día 11 de almacenamiento con 5.62 mg EAT g⁻¹ PF (Figura 28).

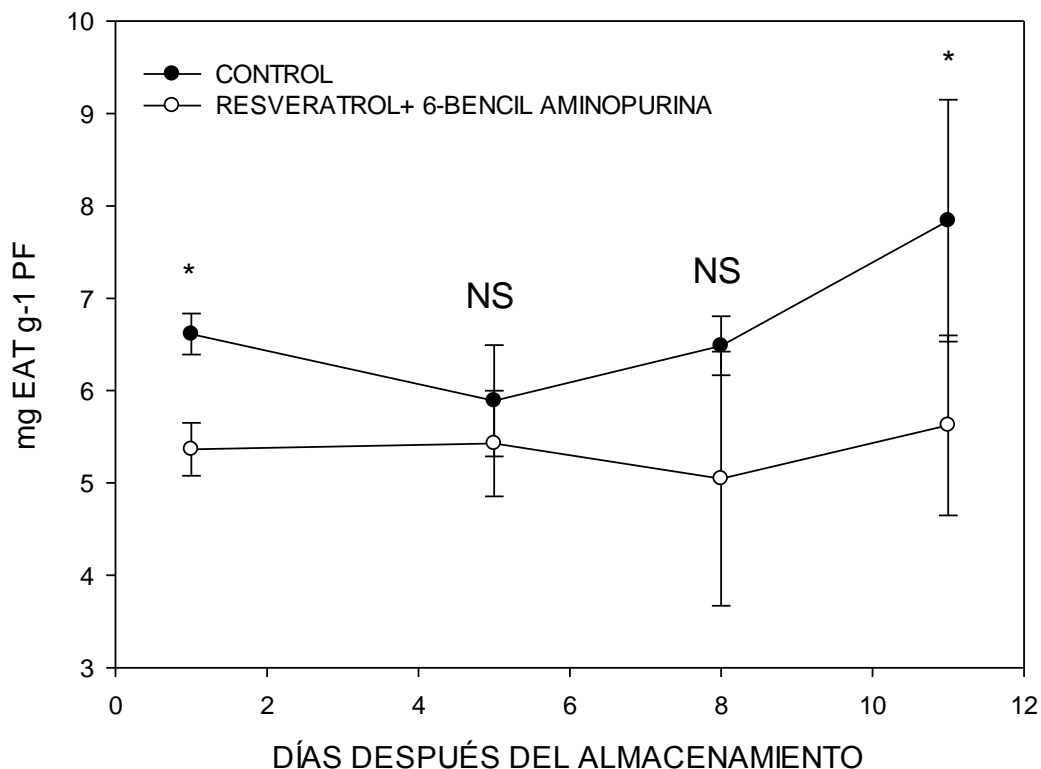


Figura 28. Cinética de compuestos fenólicos en frutos de guanábana tratados con RVS+ BAP durante su almacenamiento poscosecha. NS, no significativo; * significativo con la prueba t de student a 0.05. Los datos son la media de 3 repeticiones, un fruto por repetición \pm EE.

Los contenidos de fenoles totales, en el presente trabajo, son mayores a los descritos para el mesocarpio de la guanábana comercial de la localidad de Maracay, estado Aragua, Venezuela (Ramírez *et al.*, 2012) debido, probablemente, a diferencias en las condiciones agroecológicas de las zonas en estudio, se ha reportado que otras especies de Anonas, presentan

concentraciones importantes de fenoles totales en el mesocarpio, en el epicarpio y en las semillas de los frutos, por ejemplo, *Annona crassiflora* (652.64 mg/100 g) y *Annona cherimolia* Mill (323 mg/100 g) (Julián, 2009).

4.11. Vitamina C

Aunque la aplicación de RVS+BAP tuvo efecto ($p < 0.05$) en el contenido de vitamina C, el mismo no fue consistente, ya que en el día 5 de almacenamiento los frutos control presentaron mayor contenido de esta vitamina 0.1223 mg g^{-1} ; mientras que al día 11, fueron los frutos tratados con RVS y BAP los que presentaron valores mayores 0.0877 mg g^{-1} (Figura 29).

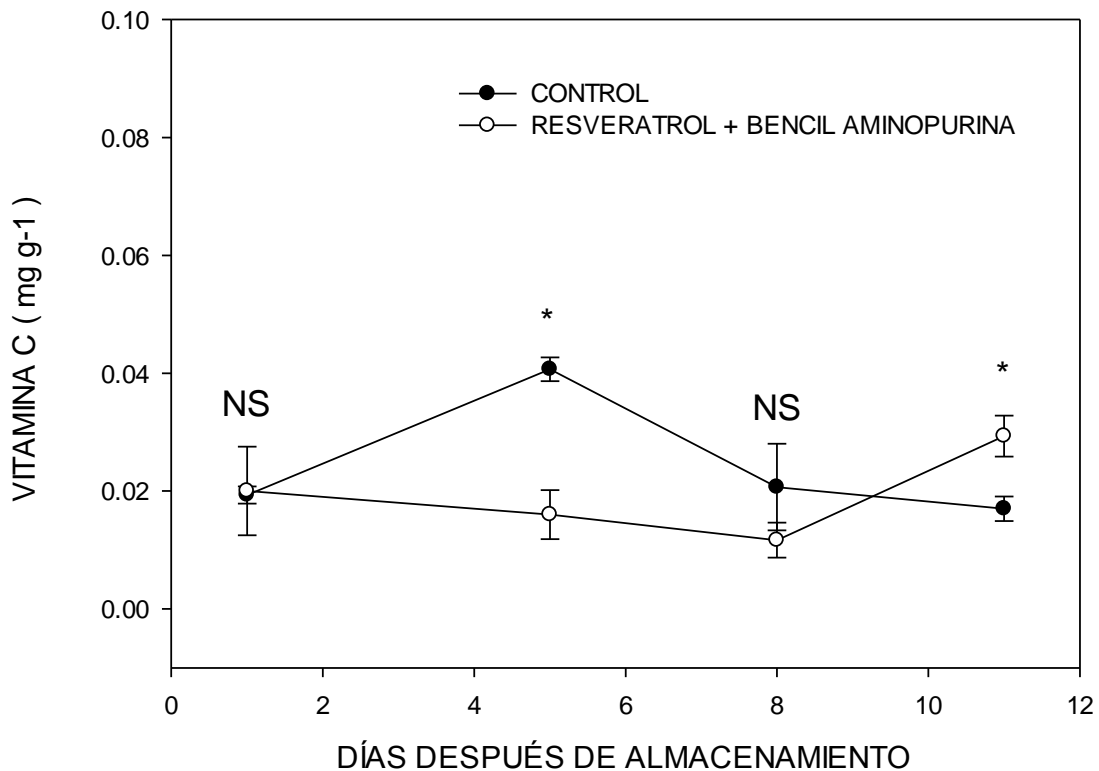


Figura 29. Cinética de vitamina C en frutos de guanábana tratados con RVS+ BAP durante su almacenamiento poscosecha. NS, no significativo; * significativo con la prueba t de student a 0.05. Los datos son la media de 3 repeticiones, un fruto por repetición \pm EE.

Palma *et al.*, (1993), mencionan que, en frutos climatéricos como chirimoya, el contenido de ácidos orgánicos disminuye al evolucionar la maduración. Otros estudios mencionan que la guanábana tiene una cantidad de 15.98 mg AA/100 g (Isabelle *et al.*, 2010). Por otro lado, Ogunlesi *et al.*, (2010) cuantificaron la

vitamina C en pulpa de guanábana, esta determinación fue realizada mediante dos métodos: titulación con N-bromosuccinimida y voltametría cíclica, resultando concentraciones de 13.63 y 10.51 mg AA/100 g, respectivamente, en promedio de otras anonáceas como chirimoya (10.6 mg/100 g) (Murata, 1997), en guanábana (20.4 mg 100g), saramuyo (38.7 mg 100g) y atemoya (46.5 mg 100 g) (Nakasone y Paull, 1998).

V.- CONCLUSIONES

La aplicación simultánea de 1.6 mM de resveratrol y 1.0 mM 6-bencilaminopurina influyó de forma positiva sobre la calidad poscosecha en frutos de guanábana al final del periodo de evaluación sobre luminosidad (L), color a*, compuestos fenólicos y vitamina C mientras que para las variables firmeza, pérdida de peso, sólidos solubles totales factores del color b*, c*, h, acidez titulable y azúcares totales no presentaron diferencias significativas.

Los resultados observados en este trabajo muestran que la aplicación simultánea de RVS + BAP pueden mejorar la calidad poscosecha de frutos de guanábana, sin embargo, es necesario seguir evaluando el efecto de estos biorreguladores a fin de encontrar una dosis óptima que permita ofrecer una alternativa viable para el manejo poscosecha de guanábana. La presente dosis fue tomada de trabajos exitosos en chirimoya, y posiblemente sea conveniente abrir el rango de dosis de ambos bioreguladores para mejorar su éxito en guanábana.

VI.- BIBLIOGRAFÍA

1. **Abu, B.A., Abu, G., and Hind, A. B. 2003.** Changes in pectin enzymes and cellulase activity during guava fruit ripening. *Food Chemistry*. 83: 213–218.
2. **Alves, R. E., Filgueiras, H. A. C., e Mosca, J. L. 1997.** Colheita e pós-colheita de Annonaceae. In: São-José, A.R.; Souza, I. V. B.; Morais, O. M.; Rebouças, T. N. H .Annonaceae: produçãoe mercado. Vitória da Conquista: dfz/uesb. 240-256.
3. **Amusa, N. A., Ashaye, O. A., Oladapo, M. O., and Kafaru, O. O. 2003.** Pre-harvest deterioration of Soursop (*Annona muricata*) at Ibadan Southwestern Nigeria and its effect on nutrient composition. *African Journal of Biotechnology*. 2: 23-25.
4. **AOCS. 2009.** Official Methods and Recommended Practices. Champaign, Illinois USA. American Oil Chemists' Society.
5. **Baraona, M. 1992.** Guanábana y Macadamia Floricultura Especial, Fluricultura II, San José - Costa Rica., EUNED. 17-21
6. **Bernal, E.A. y Díaz, C. 2003.** Tecnología para el cultivo del tomate de árbol. Rionegro: Impresos Begón Limitada. 130
7. **Biale, J. B. and Barcus, D. E.1970.** Respiration patterns in tropical fruits of the Amazon Basin. 12: 93-104.

8. **Blench, R. and Dendo, M. 2007.** A History of fruits on the SE Asian MainLand. Paper presented at the EUREAA, Bourgon. Cambridge, UK. <http://www.rogerblench.info/RBOP.htm>. 1-26
9. **Borrero, F. V., Hernández, E., Jiménez, R. y Roa, A. 1995.** Determinación de índices de madurez de cosecha en guanábana (*Annona muricata*) en dos regiones de Colombia. In: IV simposio Internacional de Manejo, Calidad u fisiología Postcosecha de Frutas. Santiago, Universidad de Chila. Lizana. 42:25-43
10. **Brovelli, A.E., Brecht, K.J., and Sherman, B.W. 1999.** Nonmelting flesh trait in peaches is not related to low ethylene production rates. 34: 313–315.
11. **Bruinsma, J., and Paull, R. E. 1984.** Respiration during postharvest development of soursop fruit, *Annona muricata* L. Plant Physiology. 76:131-138.
12. **Bujanda, L., Garcia, M., and Gutierrez, V. 2006.** Effect of resveratrol on alcohol induced mortality and liver lesions in mice. Journal BMC Gastroenterol. 6: 35
13. **Chaparro, M., Guzmán, R., Gallo, F. y Moreno, G. 1993.** Manejo poscosecha de la guanábana (*Annona muricata* L.). En: Agricultura Tropical. 30:2 63-70

14. **Cherukuri, K., Woods, F., Dozier, W., Ebel, R., and White, D. 2007.** Effect of transresveratrol treatment on color retention of satsuma mandarin fruit. *Journal of Horticulture Science*. 42: 982-983
15. **Ciancaglini, P., Santos, L., Daghasanli, P., and Thedei, G. 2001.** Using a classical method of vitamin C quantification as a tool for discussion of its role in the body. *Biochemistry and Molecular Biology Education*. 29: 110-165
16. **Correa, G. J., Ortiz, D., Larrahondo, J. E., Sánchez, M. M., y Pachón, H. 2012.** Actividad antioxidante en guanábana (*Annona muricata* L.): una revisión bibliográfica. *Boletín Latinoamericano Caribe Plantas Medicinales Aromáticas*. 11: 113
17. **Cruz, C. J. G., Torres, L. P. A., Delgado, M. J. C., Dominguez, M. V., Martínez, P.D. y Franco, M. O. 2002.** El guanábano: Agronomía y usos de frutales tropicales. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Texcoco, México.117
18. **De Lima, J. 2003.** Comportamento respiratorio e qualidade pós – colheita de graviola (*Annona muricata* L.) “morada” sob temperatura ambiente. En: *Revista Brasileira Fruticultura*. 25:1-10
19. **Do Sacramento, K. C., Faria, J. C., Da Cruz., W. F. L. de S. J. Barretto, J., Gaspar, W. e Viera, L. J. B. 2003.** Caracterizacao física e química de frutos de tres tipos de gravioleira (*Annona muricata* L.). *Revista Brasileira Jaboticabal*. 25:329-331.

20. **Draye, M., and Cutsem, P.V. 2008.** Pectin methylesterases induce an abrupt increase of acidic pectin during strawberry fruit ripening. *Journal of Plant Physiology.* 165: 1152-1160.
21. **Dugardeyn, D.J., and Straeten, V.D. 2008.** Ethylene: Fine-tuning plant growth and development by stimulation and inhibition of elongation. *Plant science.* 175: 59-70.
22. **Evangelista, L. S., Cruz, C. J. G., Pérez, G. S., Mercado, S. E. y Dávila, O. G. 2003.** Producción y calidad frutícola de guanábanos (*Annona muricata* L.) provenientes de semilla de Jiutepec, Morelos, México. *Revista Chapingo Servicio Horticultura.* 9:69-79.
23. **Fennema, O. 1993** Química de alimentos. Zaragoza: Acribia. 1095
24. **Fernández, B.N., Veloz, S.C., Pereira, S.S., and Duch, S.E. 2009.** Ripening of sugar apple fruits (*Annona squamosa* L.) developed in Yucatán, México. *Agrociencia.* 43: 133-141.
25. **Fisher, J. y Hart, L. 1971** Análisis moderno de los alimentos. Zaragoza: Acribia. 619
26. **Franco, M. O., Jass, J. E., García, V. y Saucedo, C. 2001.** Crecimiento y calidad de frutos de (*Annona muricata* L.) con diferente intensidad de polinización. *Revista Fitotecnia Mexicana.* 24:139-144

27. **Gil, H. R. and Bautista, D. 1977.** Crecimiento y cambios bioquímicas durante el proceso de maduración de la mora (*Rubus glaucus* Benth). Revista de Agronomía Tropical. 27: 225-233.
28. **Giovannoni, J. 2001.** Molecular biology of fruit maturation and ripening. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 52: 725-749.
29. **Gómez-Lobato, M. E., Civello, P. M., and Martínez, G. A. 2012.** Effects of ethylene, cytokinin and physical treatments on BoPaO gene expression of harvested broccoli. Journal of The Science of Food and Agriculture 92: 151-158
30. **Hernández, F. L. M., Bautista, M. N., Carrillo, J. L. S., M. A., Urias, L. y Sánchez, H.A. 2007.** La guanábana: plagas y su manejo. Folleto Técnico 1. Fundación Produce Nayarit. 32
31. **Hernández, F. L. M., López, J.I. A., Velázquez, J. J. M., Urias, L., Gómez, R., y Robles, B. A. 2013.** Eficacia biológica de compuestos químicos aplicados al suelo y follaje contra *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en *Citrus latifolia* Tanaka. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 4: 687-700
32. **I.C.U.C. (International Centre for Underutilized Crops). 2002.** Fruits for the Future. University of Southampton Department for International Development, Factsheet. Annona. Número. 5

33. **Insel, P., Turner, E. and Ross, D. 2004** Nutrition. Massachussets: Jones and Bartlett. Audbury.740
34. **Isabelle, M. L. BL., Lim, M.T., Koh, W., Huang, D. and Ong, C.N. 2010.** Antioxidant activity and profiles of common fruits in Singapore. Food Chemistry 123:77 – 84
35. **Islam, S., Matsui, T. and Yoshida, Y. 1996.** Effect of carbon dioxide enrichment on physicochemical and enzymatic changes in tomato fruits at various stages of maturity. En: Scientia Horticulturae. 65: 137-149
36. **Janick, J., and Paull, R. E. 2008.** Encyclopedia of fruits y nuts. Cab International. Wallingford, Oxfordshire. 42-46.
37. **Jimenez, Z.J.O., Balois, M.R., Alia, T.I., Juarez, L.P, Sumaya, M.M.T., y Bello, L.J.E. 2016.** Caracterización de frutos de guanábana (*Annona muricata* L.) en Tepic, Nayarit, México. Revista mexicana de ciencias agrícolas. 7:1265-1267.
38. **Julián, A. 2009.** Propiedades físicas y químicas de tres variedades del fruto de *Annona diversifolia*. Trabajo especial de grado. Universidad Tecnológica de la Mixteca. Oaxaca, México. 23-63
39. **Kader, A. 2002.** Postharvest technology of horticultural crops. Agriculture and Natural Resources. Davis, California: University of California. 535.

40. **Ketsa, S. and Daengkanit, T. 1999.** Firmness and activities of polygalacturonase, pectinesterase, β -galactosidase and cellulase in ripening durian harvested at different stages of maturity. En: *Scientia Horticulture*. 80: 181-188.
41. **King, K. 1990.** Partial characterization of the in situ activity of pectinesterase in Bramley apple. *Food Science Technology* 25:188-197
42. **Lana, M.M., Tijskens, L.M. and Kooten, V.A. 2006.** Modelling RGB colour aspects and translucency of fresh-cut tomatoes. En: *Postharvest Biology and Technology*. 40: 15-25
43. **Lima, M. A. C., Alves, R. E., e Filgueiras, H. A. C. 2002.** Avaliação da qualidade e da suscetibilidade ao escurecimento oxidativo de graviola (*Annona muricata* L.) durante a maturação pós-colheita. *Proceedings of the interamerican Society for Tropical Horticulture*. 46: 4-7.
44. **Lima, M. A. C., Alves, R. E., Filgueiras, H. A. C., Heloísa, A. C., e Lima, J. R. G. 2004.** Uso de cera e 1-metilciclopropeno na conservação refrigerada de graviola (*Annona muricata* L.). *Revista Brasileira Frutícola* 3: 433-437
45. **Lima, M. A. C., Alves, R. E., e Filgueiras, H. A. C. 2006.** Mudanças relacionadas ao amaciamento da graviola durante a maturação pós-colheita. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 12: 1707-1713

46. **Lima, M. A. C., Alves, R. E., e Filgueiras, H. A. C. 2010.** Comportamento respiratório e amaciamento de graviola (*Annona muricata* L.) após tratamentos pós-colheita com cera e 1-metilciclopropeno. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras. 1: 155- 162.
47. **Lima, M. A. C. and Alves, R. E. 2011.** Soursop (*Annona muricata* L.). In: postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits. 4:363-391 p.
48. **Márquez, C.C.J. 2009.** Caracterización fisiológica, físico-química, reológica, nutracéutica, estructural y sensorial de la guanábana (*Annona muricata* L). cultivar Elita. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín Facultad de Ciencias Agropecuarias departamento de Ciencias Agronómicas Medellín. 35-40.
49. **Márquez, C. C. J., Villacorta, L. V., Betancur, D. P. P., Ciro, V. H. J. y Cartagena, V. J. R. 2012.** Physiological and physicochemical characterization of the soursop (*Annona muricata* L. cv. Elita). *Revista de la Facultad Nacional de Agronomía-Medellín* 65:6477-6486.
50. **Mascarini, L., César, de D. M., Bonadeo, D., Dabini, M., and Vilella, F. 2004.** Efecto de aplicaciones de 6-bencilaminopurina sobre la longevidad en vaso de *Rosa híbrida* cultivar exótica para flor de corte XXV Reunión Argentina de Fisiología Vegetal – Santa Rosa La Pampa.

51. **Méndez, J. 2003.** Perfil de mercado y productivo de la guanábana. Guatemala: About Associates Include. 7:6
52. **Ministerio de Agricultura de Brasil. 1999.** Portaria Número 136. Diário Oficial Núm. 62. Secao. 1-5
53. **Miranda, L., Barragan, E. y Barreto, O.J. 2003.** Manejo integrado del cultivo de la guanábana: innovaciones tecnológicas. Ibagué: Corpoica. 189
54. **Montalvo, G. E., Moreno, H. C. L., Sáyago, A. S. G., García, G. H. S., and Mata, De O. M. 2014.** Effect of the Application of 1-Methylcyclopropene and Wax Emulsions on Proximate Analysis and Some Antioxidants of Soursop (*Annona muricata* L.). The Scientific World Journal. 7.
55. **Morales, A. 1991.** Aspectos Técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica. San José: Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. Ministerio de Agricultura y Ganadería. 560
56. **Morales, P. A. A. 2015.** Aplicación de resveratrol y 6-bencilaminopurina para incrementar vida poscosecha en chirimoya (*Annona cherimola* Mill.). Tesis de doctorado en ciencias agropecuarias y recursos naturales (PCARN). Facultad de Ciencias Agrícolas UAEM. Toluca, México. 68-69.
57. **Morales, P.A., Franco, M. O., Castañeda, V. A., y Morales, R. E. J. 2014.** El efecto antisenescente del resveratrol reduce la tasa de ablandamiento poscosecha de chirimoya. Scientia Agricola 5: 35-44.

58. **Morales, P. A. A., Franco, M. O., Castañeda, V. Á., y Morales, R. E. J. 2015.** Inhibición del bronceado en cáscara de chirimoya 'Fino de Jete' por aplicación de 6-bencilaminopurina. *Scientia Agropecuaria* 6: 66-79.
59. **Moreno, V.D., Saucedo, V. C., Arévalo, G. L., Peña, V. C. B., Soto, H. M., y Cruz, L. B. 2008.** Cambios bioquímicos, biofísicos y fisiológicos durante el crecimiento y maduración del fruto de ilama (*Annona diversifolia* Saff.). *Agrociencia*. 42:4.
60. **Morton, J. F. 1987.** Soursop. In: *Fruits of warm climates*. Julia F. Morton Editorial, Creative Resource Systems. Miami, USA. 75–80.
61. **Mosca, J., Barros, C. e Mourão, T. 2006.** Características Botânicas das Principais Anonáceas e Aspectos Fisiológicos de Maturação. Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos 106: 1-29.
62. **Murata, T. 1997.** Citrus. In: *Postharvest Physiology and Storage of Tropical and Subtropical Fruits*. Mitra S. CAB International. New York, USA. 21-47
63. **Nakasone, H. Y. and Paull, E. R. 1998.** *Tropical Fruits*. CAB International. New York. USA. 445
64. **Noctor, G. and Foyer, CH. 1998.** Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. *Annu Rev Plant Physiol Plant Molecular Biology* 49: 249-2

65. **Ogunlesi, M., Okiei, W., Azeez, L., Obakachi, V., Osunsanmi, M. and Nkenchor, G. 2010.** Vitamin C contents of tropical vegetables and foods determined by voltammetric and titrimetric methods and their relevance to the medicinal uses of the plants. *International J Electrochem Science* 5: 105 - 115.
66. **Ojeda, G., Coronado, J., Nava, R., Sulbarán, B., Araujo, D. y Cabrera, L. 2007.** Caracterización fisicoquímica de la pulpa de la guanábana (*Annona muricata* L.) cultivada en el Occidente de Venezuela. *Boletín Centro Investigación Biológica*. 41: 151-160
67. **Onimawo, I. A. 2002.** Proximate composition and selected chemical properties of the seed, pulp and oil of soursop (*Annona muricata* L.). *Plant Foods Hum Nutriology*. 57: 165–171
68. **Öpik, H. y Rolfe, S. 2005.** The physiology of flowering plants. Cambridge University Press, Cambridge. 4:392
69. **Palma, T., Aguilera, J. M. and Stanley, D. W. 1993.** A review of postharvest events in cherimoya. *Postharvest Biology and Technology* 2: 187-208.
70. **Pantoja, L., Nobuyuki, R., da Silva, S., Lopez, J., Miranda, F., Alves de Lima, Q., Gessy de Mendonça, F., Ozaki, L. e Pereira, N. 2005.** Aproveitamento Biotecnológico da Graviola na Elaboração de Bebida Alcoólica Fermentada Utilizando Levedura Imobilizada em Alginato de Cálcio. *Brazilian Journal Food Technology*. 5: 96- 102

71. **Park, Y.S., Jung, S.T. and Gorinstein, S. 2006.** Ethylene treatment of 'Hayward' kiwifruits (*Actinidia deliciosa*) during ripening and its influence on ethylene biosynthesis and antioxidant activity. En: *Scientia Horticulturae*. 108:1. 22-28
72. **Paull, R.E. 1996.** Postharvest atemoya fruit splitting during ripening. En: *Postharvest Biology and Technology*. 8: 4. 329-334
73. **Paull, R. E. and Duarte O. 2011.** Tropical fruits. CABI Publishing. Oxfordshire, UK. 2: 371
74. **Pesarakli, M. 2002.** Handbook of plant and crop physiology. New York: Marcel Dekker. 973.
75. **Pinto, A. C., Cordeiro, M. C., De Andrade, S. R., Ferreira, F. R., Filgueiras, H. A., Alves, R. E., and Kinpara, D. I. 2005.** Annona species. University of International Southampton, Centre for Underutilised Crops. Southampton. 127.
76. **Planella, V.I. 1987.** Tecnología del manejo postcosecha de frutas y hortalizas. Bogotá: IICA. 242
77. **Ploetz, R. C., 2003.** Diseases of atemoya, cherimoya, soursop, sugar apple and related fruit crops. In: *Diseases of Tropical Fruit Crops*. Editorial. CABI Publishing, Wallingford. 21-34.

78. **Proctor, A., and Miesle, T. 1991.** Polygalacturonase and pectinmethylesterase activities in developing highbush blueberries. Horticulture Science 26: 579-581
79. **Ramírez, M., López, M. y Gutiérrez, A. 1998** Manejo poscosecha y comercialización de la guanábana (*Annona muricata* L.). Neiva: Sena. 300
80. **Ramírez, A. y Pacheco, de D. 2001.** Composición química y compuestos bioactivos presentes en pulpas de piña, guayaba y guanábana Interciencia. Asociación Interciencia Caracas, Venezuela. 36:1. 71-75
81. **Ramírez, R., De Moreno, L. A., Acosta, K.M. Y. y Sandoval, L. 2012.** Efecto del escaldado sobre la calidad nutricional de pulpa de guanábana (*Annona muricata* L.) Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha 13(1):48-57
82. **Reina, G. C. E. 1996.** Manejo poscosecha y evaluación de la calidad para la guanábana (*Annona muricata* L.) que se comercializa en la ciudad de Neiva. Facultad de Ingeniería Agrícola Neiva. 37-39
83. **Restrepo, M.F. 1995.** Evaluación sensorial de los alimentos. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. 152
84. **Rosas, G. X., Becerra, L.E.N., Esqueda, E.V., Vásquez, H. A. y Marroquín, A.L.M. 2008.** Diagnóstico parasitológico y edáfico de plantaciones de guanábana (*Annona muricata* L.) en el centro de Veracruz.

Evaluación herbicidas y selección de materiales rendidores. En: Anonáceas un recurso para el desarrollo sustentable. Cuernavaca, Morelos. 35-46

85. **Rosas, G.X. y Becerra, L.E.N. 2012.** Manual de producción de guanábana (*Annona muricata* L.). Folleto técnico Número. 67. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. 89
86. **Ruiz, A. M. y Barreiro, P. 1996.** Propiedades mecánicas y calidad de frutos. Fruticultura profesional. ETSIA. Departamento de ingeniería Rural de Madrid. 7: 51-52
87. **Sacramento, C.K., Faria, J.C., Cruz, F.L., Barretto, W.de S., Gaspar, J.W. y Leite, J.B.V. 2003.** Caracterização física e química de frutos de três tipos de graviroleira (*Annona muricata* L.). Revista Brasileira de Fruticultura 25(2): 329-331.
88. **SAGARPA-SIAP. 2010.** Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Cierre de la producción agrícola por estado. <http://www.siap.gob.mx>. (Consultado el 2 de septiembre de 2017).
89. **SAGARPA-SIAP. 2012.** Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Cierre de la producción agrícola por estado. <http://www.siap.gob.mx>. (Consultado el 2 de septiembre de 2017).

90. **SIAP. 2014.** Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Cierre de la producción agrícola por estado. <http://www.siap.gob.mx>. (Consultado el 2 de septiembre de 2017).
91. **Salvador, A., Arnal, L., Besada, C. and Larrea, V. 2007** Physiological and structural changes during ripening and deastringency treatment of persimmon fruit cultivar "Rojo Brillante". En: Postharvest Biology and Technology. 46: 181-188
92. **Silva, S. M., Martines, L. P., Santos, J. G de los S. y Alves, R. E. 2001.** conservación post-cosecha de frutas guanábana (*Annona muricata* L.) bajo atmósfera modificada. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, Hermosillo. 4: 6-12.
93. **Silveira, A. C. 2007.** Fisiología y bioquímica de los productos MPF. En: V Congreso Iberoamericano De Postcosecha y Agroexportaciones. Cartagena: Universidad de Cartagena. 12
94. **Solís-Fuentes, J. A., Amado,r C., Hernandez, M. R. y Duran, M. C. 2010.** Caracterización fisicoquímica y comportamiento térmico del aceite de "almendra" de guanábana (*Annona muricata* L). Grasas y Aceites. 61: 58-66
95. **Tosun, N., Sule, U. and Belkis, T. 2008.** Physical and chemical changes during ripening of blackberry fruits Ilkay. Science agriculture. (Piracicaba, Braz.). 65 (1). Disponible: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162008000100012>

96. **Tovar, G. B., Montes De, O. M., Garcia, G. M., Sergio, H., y Montalvo, G. E. 2011.** Efecto de emulsiones de cera y 1-metilciclopropeno en la conservación postcosecha de guanábana. *Revista Chapingo Servicio hortícola*. 17: 53-61.
97. **Umme, A., Asbi, B.A., Sahnah, Y., Junainah, A.H. and Jamilah, B. 1997.** Characteristics of soursop natural puree and determination of optimum conditions for pasteurization. *En: Food Chemistry*. 58: 119-124
98. **Van, J. P. B. 1986.** Softening of cooked snap beans and other vegetables in relation to pectins and salts. *ACS Symbol Services* 310: 190-19
99. **Vicente, A.R., Costa, M.L., Martínez, G.A., Chaves, A.R. and Civello, P.M. 2005.** Effect of heat treatments on cell wall degradation and softening in strawberry fruit. *Postharvest biology and Technology*. 38:213-222
100. **Vidal, H. L. y D. Nieto. 1997.** Diagnóstico técnico y comercial de la guanábana en México In: *Memoria del I Congreso Internacional de Anonáceas*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.1-18
101. **Villalba, M., Yepes, I. y Arrázola, G. 2006.** Caracterización fisicoquímica de frutas de la zona del Sinu para su agroindustrialización. *Temas Agrarios*. 11(1): 15-23.
102. **Waterman, P.G., and Mole, S. 1994.** *Methods in ecology. Analysis of phenolic plant metabolites*. Blackwell Scientific publications. 237.

103. **Wills, R. 1984.** Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas post-recolección. Zaragoza: Acribia, 1984: 47-59
104. **Wingler, A., Von, A. S., Leegood, R.C., Lea, P.J., and Quick, W.P. 1998.** Regulation of leaf senescence by cytokinin, sugar, and light. Effects on NADH-depend hydroxypyruvate reductase. *Plant Physiology*. 116: 329–335
105. **Witham, H. F., Blaydes, D. F., and Devlin, R. M. 1971.** Experiments in *Plant Physiology*. Van Nostrand Reinhold Center. New York, USA. 245.
106. **Worrell, D. B., Carrington, C. M. S. and Huber, D. J. 1994.** Growth, maturation and ripening of soursop (*Annona muricata* L.). *Scientia Horticulturae* 57: 7-15
107. **Yang, D.S. 2009.** Effect of hyperbaric, controlled atmosphere, and UV treatments on peach volatiles. En: *Postharvest Biology and Technology*. 51: 334-341
108. **Zavaleta, M. H., López, D. H., Loza, T. H., Mora, H. M., Trevilla, G. C., Vargas, S. M., and Ougham, H. 2007.** Cytokinin promotes catalase and ascorbate peroxidase activities and preserves the chloroplast integrity during dark– senescence. *Journal of Plant Physiology* 164: 1572–1582

