



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTÉCNIA

PROGRAMA HORTICULTURA

**EFFECTOS DE PRÁCTICAS AGRONÓMICAS EN LA CALIDAD POSTCOSECHA
DE FRUTOS DE RAMBUTÁN (*Nephelium lappaceum* L.)**

PRESENTA:

ERICKA GUADALUPE MORENO MÉNDEZ

DIRECTOR:

ESAÚ DEL CARMEN MORENO PÉREZ

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN CIENCIAS**



DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
DPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES



Instituto de Horticultura

MÉXICO, JUNIO DE 2013

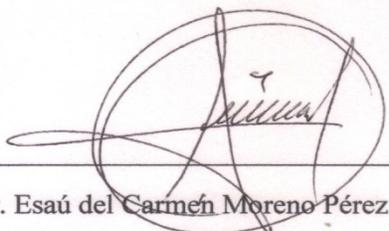
La presente tesis titulada: **EFFECTOS DE PRÁCTICAS AGRONÓMICAS EN LA CALIDAD POSTCOSECHA DE FRUTOS DE RAMBUTÁN** (*Nephelium lappaceum* L.) realizada por la alumna: Ericka Guadalupe Moreno Méndez, bajo la dirección del comité asesor indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

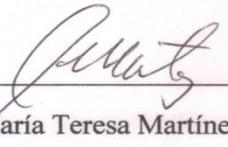
HORTICULTURA

COMITÉ ASESOR

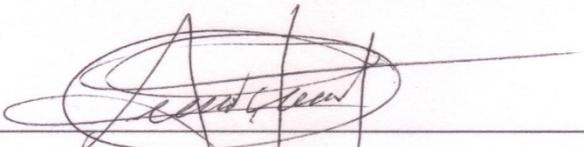
DIRECTOR: _____


Dr. Esaú del Carmen Moreno Pérez

ASESOR: _____


Dra. María Teresa Martínez Damián

ASESOR: _____


Dr. Carlos Hugo Avendaño Arrazate

Texcoco, Estado de México. Junio de 2013

EFFECTOS DE PRÁCTICAS AGRONÓMICAS EN LA CALIDAD POSTCOSECHA DE FRUTOS DE RAMBUTÁN (*Nephelium lappaceum* L.)

EFFECTS OF FARMING PRACTICES ON QUALITY POSTHARVEST OF FRUITS FROM RAMBUTAN (*Nephilium lappaceum* L.)

RESUMEN

El rambután es un frutal tropical que se cosecha cuando presenta apariencia y calidad visual óptimas para su comercialización. Dado que es un fruto altamente perecedero, durante la senescencia se producen cambios como deshidratación y oxidación del pericarpio, que disminuyen su aceptación en el mercado. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de prácticas agronómicas como la poda, anillado, estrés hídrico y sus combinaciones, sobre la calidad postcosecha de la fruta. Los frutos de árboles sometidos a estrés hídrico, presentaron mayor peso fresco (40.2 g), sólidos solubles totales (>20 °Brix), azúcares totales (423 mg·100g⁻¹), contenido de Vitamina C (39.90 mg·100g⁻¹) y acidez titulable (0.196 %). Durante el almacenamiento perdieron 33% del peso y se retardó el oscurecimiento del pericarpio con lo que se aumentó la vida de anaquel, mientras que los frutos de árboles bajo riego constante, disiparon hasta el 48% del peso, presentaron menor contenido de solutos y resultaron ser más ácidos (0.577%). Se concluye que el estrés hídrico en árboles de rambután incrementa la calidad de los frutos y prolongan su vida postcosecha.

Palabras clave adicionales: Manejo agronómico, calidad de la fruta, oscurecimiento, pérdida de agua.

ABSTRACT

The rambutan is a tropical fruit that is harvested when presented appearance and optimal visual quality for marketing. Rambutan is a highly perishable fruit, during senescence changes occur as the pericarp dehydration and oxidation, decreasing their market acceptance. This study aimed to assess the effect of agronomic practices such as pruning, girdling, water stress and their combinations on postharvest quality of fruit. The fruits of trees under water stress had higher fresh weight (40.2 g), total soluble solids (> 20 ° Brix), total sugars (423 mg • 100g⁻¹), Vitamin C content (39.90 mg • 100g⁻¹) and titratable acidity (0.196%). During storage 33% of the weight lost and delayed pericarp browning thereby increased shelf life, while the fruits of trees irrigated constant dissipated to 48% by weight, had lower solute content and were be more acidic (0.577%). It is concluded that water stress on rambutan trees increases fruit quality and extend the postharvest life.

Additional key words: culture practices, quality fruit, browning, water loss.

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mis padres: Alicia Méndez Cruz y Tomás Moreno Navarro por su apoyo durante toda mi vida estudiantil, por su comprensión, entusiasmo y paciencia que me permitieron seguir adelante en cada uno de los niveles educativos.

A mis hermanos por estar en los momentos necesarios.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todas las personas e instituciones que de alguna manera colaboraron en la elaboración de este trabajo que me permitió terminar una etapa más de mi formación académica.

A mi comité asesor: Dr Esaú del Carmen Moreno Pérez, Dra. Ma. Teresa Martínez Damián y Dr. Carlos Hugo Avendaño Azarrate, que fueron mi guía en la construcción de esta tesis.

Al Ingeniero Rubén Joo y su familia, productores del huerto “la chinita”, por su amabilidad y aportación de los materiales vegetales para la realización de este trabajo.



AGRADECIMIENTOS ESPECIALES

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) a través del otorgamiento de la beca 383325. El presente trabajo se realizó con recursos del mismo.

CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE CUADROS.....	11
RESUMEN.....	12
ABSTRACT.....	12
I. INTRODUCCIÓN.....	13
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	15
2.1. Origen, distribución y presencia del cultivo en México.....	15
2.2. Características biológicas del rambután.....	17
2.2.1. Características del fruto.....	18
2.2.2. Formas de consumo y valor nutritivo.....	21
2.3. Variedades.....	22
2.3.1. Características de las selecciones de México.....	23
2.4. Requerimientos climatológicos.....	25
2.5. Agronomía del Rambután.....	25
2.6. Prácticas agronómicas, componentes de producción y calidad de los frutos.....	26
2.6.1. Poda.....	26
2.6.2. Anillado.....	27
2.6.3. Déficit hídrico.....	28
2.7. Características postcosecha.....	30
2.7.1. Contenido de agua.....	30
2.7.2. Pérdida de agua.....	31
2.7.3. Efectos fisiológicos de la pérdida de agua.....	32
2.7.4. Actividad de la polifenoloxidasa (PPO).....	36

III. Materiales y Métodos.....	38
3.1. Localización del sitio de estudio.....	38
3.2. Características del suelo.....	38
3.3. Factores de estudio.....	38
3.4. Material biológico.....	39
3.5. Variables a evaluar.....	40
3.5.1. Peso del fruto (PF).....	40
3.5.2. Diámetro y longitud del fruto (DF y LF).....	41
3.5.3. Firmeza (FF).....	41
3.5.4. Sólidos solubles totales (SST).....	41
3.5.5. Oscurecimiento del pericarpio (OP).....	41
3.5.6. Número y tamaño de los espiternos (NE y TE).....	41
3.5.7. Grosor del pericarpio, grosor del arilo y grosor de la semilla (GP, GA y GS).....	42
3.5.8. Vida de anaquel (VA).....	42
3.5.9. Azúcares totales (AzT).....	42
3.5.10. Acidez titulable (AT).....	43
3.5.11. Vitamina C (VC).....	43
3.5.12. Fenoles totales (FT).....	44
3.6. Análisis estadístico.....	45
IV. Resultados y discusión.....	46
4.1. Características físicas.....	46
4.1.1. Peso del fruto (PF).....	46
4.1.2. Firmeza (FF).....	48
4.1.3. Grosor del pericarpio y arilo (GP y GA).....	49

4.1.4. Número y tamaño de los espiternos (NE y TE).....	52
4.1.5. Color del fruto.....	54
4.2. Comportamiento postcosecha.....	57
4.2.1. Vida de anaquel y oscurecimiento del pericarpio (VA y OP).....	57
4.2.2. Pérdida de la longitud y diámetro del fruto (PL y PD).....	62
4.2.3. Pérdida de peso del fruto.....	63
4.3. Composición bioquímica.....	66
4.3.1. Sólidos solubles totales (SST).....	67
4.3.2. Azúcares totales (AzT).....	69
4.3.3. Acidez titulable (AT).....	71
4.3.4. Vitamina C (VC).....	73
4.3.4. Fenoles totales (FT).....	75
V. Conclusiones.....	77
VI. Literatura citada.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.	Árbol de Rambután (a) Juvenil. (b) Edad productiva. (c) frutos en racimos.....	18
Fig. 2.	Morfología floral del rambután (<i>Nephelium lappaceum</i> L.).....	19
Fig. 3.	Morfología del fruto de rambután (<i>Nephelium lappaceum</i> Linn.): a) oval, b) ovoide y c) elipsoide.....	20
Fig. 4.	Selecciones de rambután (<i>Nephelium lappaceum</i> L.) cultivadas en el Soconusco, Chiapas, México.....	25
Fig. 5.	Peso y firmeza de los frutos de rambután de variedades “criollas” sometidos a distintos manejos agronómicos. R= Riego, E = Estrés hídrico, P= Poda y A= Anillado. Resultados de 30 frutos por Tratamiento. Peso en gramos (barras), Firmeza en Newtons (lineal). Valores con las mismas letra de la misma serie son estadísticamente iguales (Tukey P = 0.05).....	49
Fig. 6.	Grosor del arilo y pericarpio en frutos de rambután sometidos a distintos manejos agronómicos R= Riego, E = Estrés hídrico, P= Poda y A= Anillado. Resultados de 15 frutos por Tratamiento. Valores con las mismas letras de la misma serie son estadísticamente iguales (Tukey P = 0.05).....	51
Fig. 7.	Forma de la semilla y su desprendimiento del arilo en frutos de rambután sometidos a diferentes manejos agronómicos. (a) Semillas de árboles tratados con riego y sus combinaciones. R= Riego, P= Poda y A= Anillado. (b) Semillas de árboles tratados con estrés hídrico. E= Estrés hídrico, P= Poda y A= Anillado.....	53
Fig. 8.	Frutos ovalados de pericarpio rojizo-anaranjado ligeramente más rojizo en la base de los espiternos. Espiternos de ápice verde e inclinado hacia abajo. R= riego constante.....	56
Fig. 9.	Frutos ovalados de pericarpio rojizo uniforme, espiternos verdes en una tercera parte del mismo. R=Riego y A= Anillado.....	56
Fig. 10.	Frutos ovalados de pericarpio rojizo uniforme brillante, espiternos con ápice verde. R= Riego y P= Poda.....	56

- Fig. 11. Frutos ovalados de pericarpio rojo brillante y uniforme, espiternos de color verde en una tercera parte del mismo. R= Riego, P= Poda y A= Anillado.....56
- Fig. 12. Frutos ovalados, de pericarpio naranja y rojizo en la base de los espiternos. Espiternos verdes solo del ápice. E= Estrés Hídrico.....57
- Fig. 13. Frutos ovalados de pericarpio color naranja irregular, rojizo en la base de los espiternos y el ápice color verde opaco. E= Estrés Hídrico y A= Anillado.....57
- Fig. 14. Frutos ovalados de pericarpio color rojo-naranja y rojizo brillante en la base de los espiternos con ápice verde brillante.....57
- Fig. 15. Frutos ovalados de pericarpio naranja-rojizo, la base de los espiternos es protuberante de color rojo intenso y ápice verde.57
- Fig. 16a. Oscurecimiento del pericarpio en frutos de rambután sometidos a distintos manejos agronómicos, almacenados a $30\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3$ y 80-90% de Humedad relativa. R= Riego, P= Poda y A= Anillado.....62
- Fig. 16b. Oscurecimiento del pericarpio en frutos de rambután sometidos a distintos manejos agronómicos, almacenados a $30\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3$ y 80-90% de Humedad relativa. E= Estrés hídrico, P= Poda y A= Anillado.....62
- Fig. 17. Pérdida de peso en frutos de rambután sometidos a diferentes manejos agronómicos. R = Riego, P= Poda, A= Anillado. Valores con las mismas letras de la misma serie son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$).....66
- Fig. 18. Pérdida de peso en frutos de rambután sometidos a diferentes manejos agronómicos. E= Estrés Hídrico, P= Poda, A= Anillado. Valores con las mismas letras de la misma serie son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$).....66

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Composición química del fruto de rambután por cada 100 g de arilo.....	22
Cuadro 2.	Características del fruto de los principales cultivos de Rambután en Asia.....	24
Cuadro 3.	Tratamientos de manejo agronómico en árboles de rambután.....	40
Cuadro 4.	Variables físicas en frutos de rambután sometidos a diferentes manejos agronómicos.....	48
Cuadro 5.	Número y tamaño de espiternos en frutos de rambután sometidos a diferentes manejos agronómicos.....	55
Cuadro 6.	Vida de anaquel en frutos de rambután de árboles sometidos a distintos manejos agronómicos.....	61
Cuadro 7.	Pérdida de tamaño en frutos de rambután sometidos a diferentes manejos agronómicos.....	63
Cuadro 8.	Composición bioquímica de frutos de rambután de árboles sometidos a distintos manejos agronómicos.....	67

I. INTRODUCCIÓN

El rambután (*Nephelium lappaceum* L.) es un frutal tropical originario de Malasia e Indonesia, cultivado principalmente para su consumo como fruta fresca (Watson, 1988). En México, el cultivo inició en 1950 (Fraire, 2001), y se produce principalmente en la región del Soconusco en el estado de Chiapas (Pérez, 1994). Los rendimientos reportados por SIAP-SAGARPA (2008), son de $9.81 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, mientras que en Tailandia los rendimientos son de $15.81 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

El fruto es redondo u ovoide de pericarpio rojo o amarillo, con espiternos largos, posee un arilo comestible blanco o traslúcido, dulce, jugoso y rico en vitamina C (Wall, 2006).

Son frutos no climatéricos por lo que se cosechan cuando presentan calidad comestible y apariencia visual óptima (Tindall, 1994). Otros autores como Kader (2009) han seleccionado cultivares con base en el contenido de azúcares, sólidos solubles totales y acidez titulable al momento en que el fruto alcanza la madurez de consumo. Sin embargo, los estándares internacionales establecidos en el Codex Norm for Rambutan 246-2005 indican: color rojo uniforme, peso superior a 30 g y un contenido de sólidos solubles totales de 16 a 18% para considerar un fruto de calidad comercial (Landrigan *et al.*, 1996).

El rambután es un fruto perecedero dado que los espiternos y el pericarpio se deshidratan y oxidan con mucha rapidez, procesos que ocurren en gran parte a través de los espiternos dando una apariencia indeseable que limita su comercialización (Kosiyachinda *et al.*, 1987). Al igual que con muchos otros cultivos

de frutas tropicales, hay una escasez de información sobre las mejores prácticas culturales que incrementen la calidad y vida postcosecha del fruto. Actualmente la forma de retardar la senescencia del rambután es el uso de atmósferas modificadas, principalmente las que involucran refrigeración, con lo que se logra una disminución de la transpiración en el fruto (Pérez y Pohlan, 2004). Sin embargo, una manera de incrementar la calidad de los cultivos es mediante un manejo agronómico adecuado (Kilili *et al.*, 1996). Entre las prácticas que han influido positivamente sobre el contenido y vida de anaquel en varios cultivos, se encuentran el anillado, que promueve una mayor acumulación de carbohidratos en los frutos (Harsh, 2003); la poda, que incrementa la composición nutrimental en frutos de litchi debido a una mejor distribución de los productos de fotosíntesis en los árboles que poseen una forma y estructura homogéneas (Crane y Balerdi, 2005), y el estrés hídrico, que en cultivos como manzano, mango y kiwi produce una resistencia a la pérdida de agua de los frutos después de la cosecha, prolongando su vida postcosecha (Burdon y Clark, 2001; Vázquez-Valdivia, 2009). De esta manera, dada la importancia que ha cobrado la producción de rambután en el Soconusco, en Chiapas y en otros estados de la República Mexicana, como Tabasco, Oaxaca, San Luis Potosí y Veracruz (Pérez y Pohlan, 2004), así como los escasos estudios en esta especie y en particular en manejo postcosecha, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de algunas prácticas agronómicas como la poda, anillado, estrés hídrico y sus combinaciones, sobre la vida de anaquel, así como su composición física y bioquímica de frutos de rambután de un huerto comercial en el estado de Chiapas, México.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen, distribución y presencia del cultivo en México

El rambután (*Nephelium lappaceum* L.) es un frutal tropical de la familia Sapindaceae. Es un fruto distinguido por su sabor dulce, pulpa jugosa, contenido de ácido ascórbico y riboflavina; se cultiva principalmente para el consumo como fruta fresca (Watson, 1988). Es originario de Malasia e Indonesia, pero su cultivo se ha extendido a las Filipinas, Singapur, Tailandia, Vietnam, India, Siria, Zaire, Sudáfrica, Madagascar y Australia (Tindall, 1994).

Entre los muchos atributos atractivos y deseables que crean la demanda del frutal, su sabor característico es el más notable a los consumidores. Además, estos frutos son a menudo de bajo costo, de alto contenido vitamínico (Wills *et al.*, 1981) y se puede utilizar en una amplia gama de productos: bebidas, productos lácteos, postres y gomas.

El rambután pertenece a la misma familia de los frutos de litchi y longan, descrita a menudo como menos aromática que el litchi; mientras que esta fruta es relativamente desconocida en los Estados Unidos y gran parte de América del Norte, es un importante cultivo comercial en Asia, donde es consumido en conserva fresca o procesada y apreciada por su sabor refrescante y exótica apariencia (Almeyada *et al.*, 1979).

En América central y México, el rambután tampoco es una fruta muy conocida, pero posee un gran potencial para su cultivo y desarrollo debido a las buenas condiciones agroecológicas para su producción (Pérez y Pohlen, 1999; Ramírez *et al.*, 2003).

En México el cultivo se introdujo el siglo pasado, alrededor de 1950, su intrusión al país se expandió principalmente a los municipios de Cacahoatán y Tuxtla Chico en el estado de Chiapas (Pérez y Pohlan, 1999) y más recientemente en Soconusco, una región costera comprendida en la zona limítrofe entre México y Guatemala, donde se observa una clara división entre la estación lluviosa y la temporada de sequía (Fraire, 2001). Actualmente se cultiva también en los estados de Nayarit y Tabasco. Su reproducción es básicamente por semilla con su posterior injerto con selecciones sobresalientes que han logrado los productores de Chiapas (Pérez y Pohlan, 2004).

A nivel mundial, los principales productores son: Tailandia, Indonesia y Malasia con 700,000; 350,000 y 70,000 toneladas, respectivamente (Anónimo, 2004). Los rendimientos reportados por SIAP-SAGARPA (2008), son de $9.81 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, mientras que en Tailandia son de $15.81 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. En 2008 la producción de rambután en México fue de 865.6 t, con un valor total de 11.10 millones de pesos (SIAP-SAGARPA, 2008). La aceptación en los mercados regionales, nacionales y la cercanía con Norte América y Sudamérica están posicionando al cultivo como alternativa económica en zonas frutícolas y cafetaleras del estado de Chiapas (Pérez y Jürgen, 2004).

Los principales problemas que dificultan la comercialización de rambután en el Soconusco son causados por la falta de información sobre las prácticas de cultivo sostenible y las normas internacionales (Pohlan y Borgman, 1999), sumadas a la inexistente producción estándar de tecnología para su cultivo y muy poca información está disponible para los productores, por lo que la calidad de la

fruta es muy variable y tiene que competir con los grandes productores del sudeste de Asia (Vanderlinden *et al.*, 2004).

2.2. Características biológicas del rambután

El rambután es un árbol de tamaño mediano que alcanza de 15 a 25 m de altura, el tronco puede llegar a medir de 50 - 60 cm de diámetro, su corteza es de color gris y café-oscuro, con follaje denso y copa un tanto abierta. Son árboles siempre verdes, con hojas pinnadas compuestas que pueden llegar a medir de 7 a 30 cm de longitud. El crecimiento de este árbol es de 2 a 3 años y sus primeras flores y frutos (Figs. 1 a, b y c) se pueden ver a partir del tercer año (Fortuna y Ramos, 1983).



(a)



(b)



(c)

Fig. 1. Árbol de Rambután (a) Juvenil. (b) Edad productiva. (c) frutos en racimos.

Las flores son muy pequeñas, y pueden ser hermafroditas o masculinas, nacen axilarmente o subterminal en panículas muy ramificadas y de apariencia pilosa. Las inflorescencias son axilares y terminales, erectas ampliamente ramificadas, más cortas que las hojas, pubescentes de color ocre con muchas flores y de 15-20 cm de largo, las brácteas son diminutas y vellosas de color ocre, las flores son fasciculadas a lo largo del racimo (Morton, 1987).

El cáliz es en forma de copa con 4 a 6 lóbulos de color verde amarillento y piloso en su exterior. Hay de 5 a 8 estambres en las flores masculinas, las enteras son pequeñas ovoides u ovoides oblongas. El ovario rudimentario es pequeño y pubescente. Contiene de 5 a 7 estaminoides en las flores femeninas insertadas dentro del disco, los filamentos están cubiertos con pelos largos color café oscuro y más tarde provistos de pequeños tubérculos; el estilo está insertado entre los lóbulos surcados longitudinalmente, profundamente o raramente bífido (Farungsang y Farungsang, 1992), (Figs. 2 a, b y c).

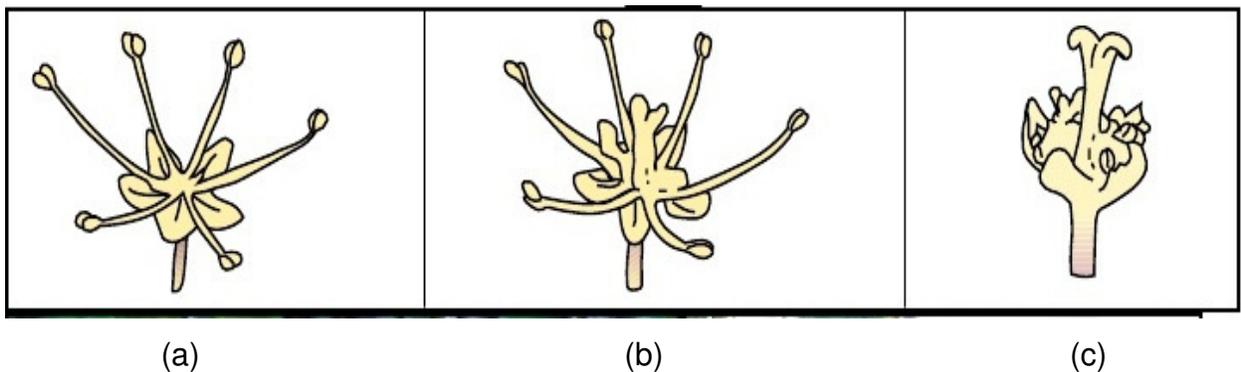


Fig. 2. Morfología floral del rambután (*Nephelium lappaceum* L.). Fuente: Delabarre (1989).

2.2.1. Características del fruto

El fruto de rambután es una drupa redonda u ovoide de 3 a 6 cm de largo y de 3 a 4 cm de ancho (Figs. 3 a, b y c.). El pericarpio pueden variar entre una coloración rosa a carmesí como en las variedades 'Binjai', 'R-162' y 'R-134'; entre otras, o cultivares como 'Atjeh koonig' que tienen frutos de color amarillo o amarillo naranja (Watson, 1988); sin embargo, las variedades de este color aún carecen de calidad comercial (Lye *et al.*, 1987). Tiene un grosor de 2 a 4 mm y está cubierto de protuberancias carnosas (espiternos) (Van Welzen y Verheij, 1991).

La parte comestible (arilo) de la fruta es color blanco translúcido con un sabor ácido-dulce y en algunas variedades comerciales se adhiere a la semilla (Tindall *et al.*, 1994). La semilla es café brillante (Ong *et al.*, 1998).

Las variedades más conocidas y diseminadas son las rojas ya que son éstas las que no son hospederos de la mosca de la fruta (Vargas, 2003). Los espiternos son largos, que dependiendo de la variedad, pueden ser de color similar a la piel o permanecer verdes.

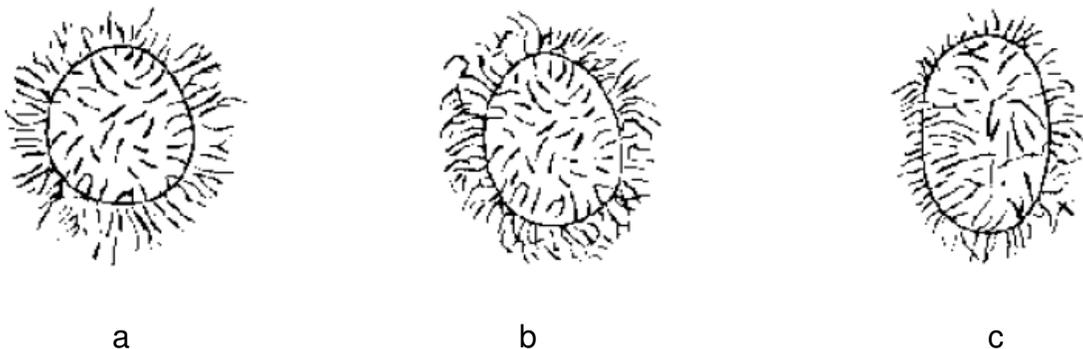


Fig. 3. Morfología del fruto de rambután (*Nephelium lappaceum* Linn.): a) oval, b) ovoide y c) elipsoide (IPGRI, 2003).

El rambután es un fruto no climatérico (Mendoza *et al.*, 1972; Leong, 1982), es decir, que no continua madurando una vez retirado del árbol. En consecuencia la fruta debe ser cosechada cuando ha llegado a un tamaño, calidad y apariencia visual adecuados para su comercialización y consumo.

Wanichkul y Kosiyachinda (1982) reportan que la apariencia es aceptable entre los 16 y 18 días después del cambio de color, cuando la piel y los espiternos son más brillantes y el fruto posee una coloración uniforme. Aunque la pulpa puede ser aceptable fuera de ese periodo, el fruto no tiene una buena aceptación en el mercado debido a la coloración pobre del pericarpio. Por otra parte, la fruta demasiado madura tiene más seca la pulpa además de más firme y la describen como “inchada” por el desarrollo de una cámara de aire entre la pulpa y la piel (Kosiyachinda *et al.*, 1987).

Para el consumidor, los atributos que confieren calidad a los frutos son principalmente el aspecto visual (tamaño, color, forma, firmeza), así como la aroma y sabor (Wills *et al.*, 1981). Sin embargo, aunque el rambután generalmente se cosecha con base en el color de la piel, el sabor también debe ser el óptimo. En las variedades rojas no necesariamente existe una relación proporcional entre el óptimo de sólidos solubles totales (SST) en el fruto y la mejor intensidad de color (Watson, 1988).

Se sabe que a medida que el fruto madura más en el árbol, hay un incremento en la cantidad de Sólidos Solubles Totales (SST) y la acidez titulable (AT) disminuye (Mendoza *et al.*, 1972; Lee y Leong, 1982; Wanichkul y Kosiyachinda, 1982). En consecuencia, el fruto cosechado demasiado pronto resulta ácido y falto de

dulzura, mientras que en la cosecha tardía el fruto puede ser muy suave. En general, dependiendo del cultivar, los frutos tienen una concentración de SST y AT en el intervalo de 17-21% y 0.7-5.5 meq.g⁻¹, respectivamente en la madurez de cosecha (Kosiyachinda *et al.*, 1987).

Por otra parte, los estándares internacionales establecidos en el Codex Norm for Rambutan 246-2005 indican: color rojo uniforme, libre de lesiones, daños por insectos y enfermedades, peso superior a 30 g y un contenido de sólidos solubles totales de 16 a 18% para considerar un fruto de calidad comercial (Landrigan *et al.*, 1996; Codex Alimentarius, 2005).

De esta manera, el fruto de rambután es altamente perecedero ya que los espiternos y el pericarpio se deshidratan y oxidan rápidamente dando una apariencia indeseable lo cual limita su comercialización (Kosiyachinda *et al.*, 1987).

Los cambios que presentan durante la senescencia son deshidratación del pericarpio, pérdida de color (oscurecimiento), incremento en la acidez titulable y sólidos solubles totales (Paull y Chen, 1987; Kader, 2001). La pérdida del color rojo en postcosecha, se ha atribuido principalmente a la desecación (Wells y Bagshaw, 1989), que además está directamente relacionada con la reducción de peso como una respuesta de la pérdida de agua.

2.2.2. Formas de consumo y valor nutritivo del fruto

Por el sabor dulce y en ocasiones ligeramente ácido de la pulpa, el fruto se consume en fresco o se utiliza para hacer mermeladas, dulces, aguas frescas y jarabes (Fraire, 2001). El agua es el mayor componente del fruto, aunque también tiene proteínas, carbohidratos y vitaminas, entre otros componentes (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición química del fruto de rambután por cada 100 g de arilo

Composición	Cantidad
Agua	83 g
Valor calórico	63 cal
Proteína	0.8 g
Carbohidratos	14.5 g
Calcio	25 mg
Vitamina C	20-45 mg
Hierro	3 mg

Fuente: Watson (1984).

2.3. Variedades

Existen más de 100 variedades de rambután en el ámbito mundial; se distinguen por sus características en la calidad de la fruta, maduración, grado de alternancia, requerimientos climáticos, entre otros. Las variedades más importantes se describen a continuación:

Seechompoo: el fruto es grande y rojo al madurar, el arilo es dulce y la cobertura de la semilla se separa fácilmente del arilo, el pericarpio y los espiternos son propensos a daño durante el transporte del fruto.

Rongrien: el semillero se desarrolló en una escuela y por esta razón tomó el nombre varietal “rongrien”, dado que significa “escuela” en Tailandia. El color de la cáscara es rojo oscuro, los espiternos son rojos desde la base hasta el ápice. El pericarpio es delgado y el arilo firme, dulce, jugoso y se separa fácilmente de la semilla. Se sabe que en Malasia se han sido registrados un total de 187 clones de este varietal, las características de selección fueron los hábitos de crecimiento y vigor, forma y tamaño de la hoja, flor, fruto y semilla.

Leabarbudus: es un fruto grande redondo, con una cáscara amarillo-rojiza a la maduración, está considerada como la mejor variedad porque tiene una mezcla dulce y ácida y el arilo no se pega a la cubierta de la semilla.

Binjai: tiene un fruto oval, alargado, con una cáscara roja profunda, cuando madura, tiene una textura crujiente y buen sabor aunque no es tan jugosa como la variedad anterior.

Rapiah: es un fruto pequeño y redondo, el pericarpio es grueso y duro, de espiternos cortos y cuando llega a la madurez puede ser verde, amarilla o roja (Tindall *et al.*, 1994).

En el Cuadro 2 se muestran las características de los principales cultivos en Asia.

Cuadro 2. Características del fruto de los principales cultivos de Rambután en Asia.

Cultivares	Forma y tamaño del fruto	Color	Textura del arilo
“Bangyeekhan”	Grande, ovalado	Rojo	Arriba del promedio
“Binjai”	Grande, ovalado	Rojo	Arriba del promedio
“Jittlee”	Medio	Rojo	Arriba del promedio
“Leebakbulus”	Grande, ovalado	Rojo-anaranjado	Promedio
“Rapiah”	Medio, redondo	Verde-amarillento	Arriba del promedio
“Rongrien”	Grande	Rojo	Arriba del promedio
R3 (“Guia batu”)	Medio, redondo	Rojo	Arriba del promedio
R134	Medio, redondo	Rojo	Arriba del promedio
R156 (“Muar Goding”)	Grande, redondo	Amarillo	Promedio
R160 (“Khaw Tow Bok”)	Medio, redondo	Rojo	Promedio
R161 (“Lee Long”)	Grande, ovalado	Rojo	Promedio
R162 (“Doun Hijau”)	Grande, ovalado	Rojo-naranja	Arriba del promedio
R163	Grande, ovalado	Amarillo	Promedio
R170 (Deh Cheng”)	Grande, ovalado	Rojo	Promedio
“Seechompo”	Grande, ovalado	Rosáceo	Arriba del promedio
“Seenjonja”	Pequeño, ovalado	Rojo	Promedio
“Simancen”	Grande, redondo	Rojo	Promedio

Fuente: P. F. Lam S. Kosiyachinda. 1987. Fruit Developmente, Postharvest, Physiology and Marketin in ASEAN.

2.3.1. Características de las selecciones en México

En México no se conoce con exactitud los cultivos y la variedad que se está propagando, la razón es que no se puede precisar qué cultivo se introdujo en la década de los 50's por el puerto de Veracruz, dado que por esos años los cultivos de café y de algodón eran altamente rentables y, por consecuencia, a los productores de esa época no les interesaba otro cultivo; ante esta situación los técnicos se olvidaron del cultivo y de generar tecnología para su establecimiento formal (Pérez, 1994).

Algunos campesinos de escasos recursos económicos de manera fortuita empezaron a cultivarlo y es así como se mantuvo al margen, a pesar de esta situación la variedad mexicana es tan buena como el *Seechompoo*, por tal motivo actualmente se están realizando estudios para encontrar y propagar una variedad propia de México que satisfaga los estándares de calidad en el ámbito internacional. Existen avances sobresalientes en el estudio de tres ejemplares de frutos de color rojo y amarillo que podrían competir con esta variedad en el ámbito mundial (Fraire, 2001).

En estudios recientes se han caracterizado varias selecciones de rambután producidas en la región del Soconusco, Chiapas, en los que actualmente destacan los materiales denominados Fish, Smooth y Vine con elevado contenido de sólidos solubles totales (18.8, 19.3 y 20.7 °Bx, respectivamente) y las selecciones Orange, Yellow-6 y Red-8 que son menos susceptibles a la oxidación del pericarpio (Avendaño-Arrazate *et al.*, 2011) (Fig. 4).

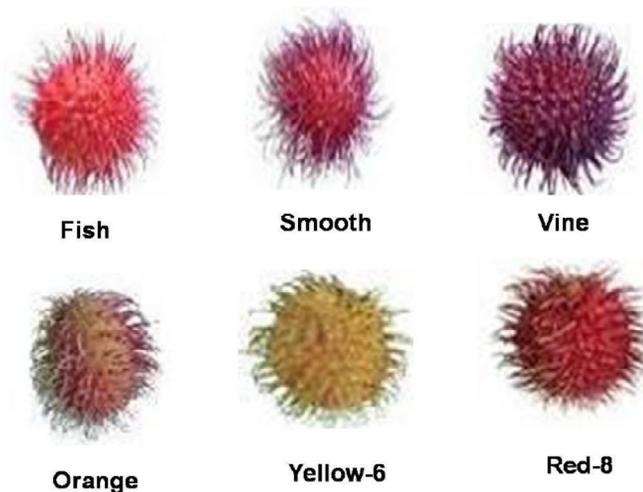


Fig. 4. Selecciones de rambután (*Nephelium lappaceum* L.) cultivadas en el Soconusco, Chiapas, México.

Para la costa de Chiapas, el período de floración está comprendido durante los meses de enero a abril, aunque la floración más fuerte ocurre en los meses de febrero y marzo (Faire, 1999). Dependiendo del cultivar, la floración puede extenderse por un periodo de 23 a 28 días con un promedio de amarre de fruto de 3.4 %. Pueden producirse de 40 a 60 frutos por panícula, pero muy frecuentemente son 12 a 13 los que alcanzan la madurez. El tiempo requerido desde amarre de fruto a la cosecha es de 107 a 111 días (Van Weltzen *et al.*, 1988).

2.4. Requerimientos climatológicos

El rambután es una especie de clima tropical, puede desarrollarse en alturas que van desde el nivel del mar hasta los 1200 msnm, pero la altura óptima es entre los 300 y 600 msnm, siempre y cuando la región se caracterice por ser tropical, una humedad relativa mayor de 80 %, temperatura promedio de 25 a 32°C y con buena

distribución de lluvias que alcancen los 2000 mm o más al año. La estación seca no debe de exceder los tres meses (Morton, 1987).

Su mejor desarrollo se presenta en suelos profundos, limosos, areno-limosos, francos con una tendencia ácida y muy ricos en materia orgánica y con un buen drenaje (Ketsa y Kleawkasetkorn, 1992).

2.5. Agronomía del rambután

El rambután se debe sembrar en un rango de densidad que va desde los 7 por 7 m., hasta los 15 por 15 m, pero la más recomendable es la de 8 por 8 m. Es importante mencionar que cuando se siembra por semilla, la producción comienza entre los 4 y 6 años, siempre y cuando el árbol resulte ser hermafrodita, dado que los árboles masculinos no producen frutos y la relación sexual de estos árboles es aproximadamente de dos productivos por ocho improductivos. Si se propaga asexualmente, la producción inicia a los 2 años aproximadamente y todos los árboles serán productivos y homogéneos en la calidad de la fruta producida (Tindall *et al.*, 1994).

Por la razón antes expuesta, la propagación por semilla queda descartada para fines comerciales, por lo tanto es recomendable recurrir a la propagación vegetativa, las más importantes son: el acodo aéreo, el acodo de aproximación y el injerto de yema de ventana abierta o cerrada, este último injerto es con el que mejores resultados se han obtenido (Hiranpradit *et al.*, 1992). También es recomendable hacer un análisis de suelo para determinar cuál es la fórmula de fertilización más adecuada para cada tipo de suelo.

El riego es imprescindible en casos de sequías acentuadas y requiere de sombra durante su crecimiento y desarrollo (Tindall *et al.*, 1994). Los árboles adultos llegan a producir de 100 a 300 Kg de fruta en un periodo máximo de dos años si el árbol es asexual; sin embargo, la cosecha es breve y no tarda más de un mes (Pérez, 1994).

2.6. Prácticas agronómicas, componentes de producción y calidad de los frutos

Existen escasos estudios en donde se evalúa el efecto del manejo agronómico sobre la calidad y vida postcosecha de los cultivos, principalmente de rambután. En México debido a que la información del manejo agronómico de este cultivo es todavía insuficiente no permite expresar su potencial de producción aun cuando las prácticas agronómicas en diversos cultivos se realizan desde hace muchos años (Fraire, 2001).

2.6.1. Poda

La poda en rambután es una práctica muy importante y debe hacerse inmediatamente después de la cosecha, ya que se inicia con el corte del racimo de frutos maduros. Se debe cortar toda la panícula floral a unos 10 a 15 cm antes del inicio de la bifurcación del racimo. Con esta práctica, se eliminan los residuos de tejido indeseable que quedarían de la panícula floral ya que éstos pueden servir como medio de crecimiento de hongos y otros patógenos. Esta poda al mismo tiempo estimula el brote de nuevo tejido vegetativo el cual será la base del próximo estado de fructificación (Mendoza *et al.*, 1972). Por esta razón, con la poda,

además de darle al árbol una forma y estructura apropiadas que permitan una mayor exposición al sol para una mayor fotosíntesis, se asegura una mayor calidad de frutos (Crane *et al.*, 2005), incluso se ha demostrado que una poda severa de árboles viejos puede aumentar el tamaño de la fruta, alterando satisfactoriamente la producción del árbol, al promover el desarrollo de brotes florales (Huang, 2002), tal como ocurre en otras especies como en cultivos de cítricos y mango, en donde la poda tiene un efecto vigorizante, ya que permite aumentar el número de nuevos brotes terminales, mejora la eficiencia fotosintética y provee un balance óptimo de Citocininas-Giberelinas para la estimulación de la floración cada año (Vázquez *et al.*, 2009; Gil *et al.*, 1998).

2.6.2. Anillado

El anillado o rayado de las ramas de los árboles, consiste en remover una pequeña porción de corteza o simplemente haciendo una incisión. Se realiza en las ramas principales de la parte inferior de donde se extrae un anillo de corteza y el tejido o floema debajo de ella, hasta la madera (Menzel *et al.*, 2002).

El anillado detiene el crecimiento de los brotes de dos a tres meses. Una vez que el corte ha comenzado a sanar, reanuda el crecimiento de nuevos brotes. Es una práctica utilizada para promover la floración, retención, tamaño, color y contenido de azúcar del fruto (Menzel *et al.*, 2002).

Esta práctica se puede utilizar para controlar los brotes de yemas vegetativas que se producen cuando las temperaturas son ideales para la floración. En cultivos de cítricos, permite inducir floración a partir de una anticipación y aceleración de la diferenciación floral, debido a la interrupción del floema en la planta, acumulando

carbohidratos y disminución de la concentración de Giberelinas en yemas y hojas (Rivas *et al.*, 2006).

La respuesta positiva al anillado se observó en China en la aceleración de la maduración de brotes de otoño y en invierno, y la inhibición de brotes vegetativos a favor de la iniciación de flores, aumento de porcentaje de flores pistiladas, disminución de la excesiva caída del fruto, y mejora de tamaño y calidad del fruto en litchis (Mitra, 2002).

En experimentos en donde los árboles fueron anillados en el tronco justo por encima del suelo, se obtuvo un aumento de 35 % en el rendimiento en cultivos de litchis variedades “Kwai May Pink” y “Wai Chee”. Adicionalmente se obtuvo un aumento de 3 frutos en ramas en la producción en la variedad “Mauritius” anillando a 1.5 metros del racimo de frutos (Menzel, *et al.*, 2002).

De esta manera se ha demostrado que el anillado es recomendado para incrementar el amarre y el tamaño del fruto, corregir parcialmente la maduración tardía de los frutos, la alternancia de producción (Goren y Monselise, 1971) y para aumentar la producción; sin embargo, se necesitan más investigaciones para evaluar los efectos a largo plazo sobre la sanidad del árbol y sus efectos en postcosecha, antes de que estas técnicas sean ampliamente adoptadas en producciones comerciales (Huang, 2002).

2.6.3. Déficit hídrico

El déficit hídrico en frutales tropicales provoca la inducción e incremento de la floración, al mismo tiempo, ayuda a la regulación de la época, intensidad, duración y distribución de la floración y cosecha (Davenport, 2000), en cultivos de manzana

y durazno, tiene un efecto de producir yemas florales, debido a que los árboles disponen de mayores reservas para la diferenciación floral y menos para el crecimiento vegetativo del tallo y raíces, además dependiendo de la intensidad del estrés, se puede presentar marchitez en las hojas, disminución de la conductancia estomática, de la asimilación del CO₂ y de la conductancia radical (Davies *et al.*, 2005).

Tindall (1994) menciona que el riego es uno de los factores más importantes en una plantación de rambután, ya que depende de éste para que se dé un buen desarrollo de los árboles de este cultivo. Cabe mencionar que la planta de rambután es muy sensible a la escasez de agua, por lo que durante todo su periodo de crecimiento requiere una alta disponibilidad de agua; el periodo más crítico se da después de la plantación, durante esta fase se necesita riego constante para que la planta tenga un buen funcionamiento y una buena producción.

Por su parte, Parra-Quezada (2008), mencionan que el efecto del estrés hídrico en los frutos depende de la severidad y el tiempo que se someta la planta, pero la carga de la misma sí afecta al tamaño del fruto. Algunos autores como Ferreyra *et al.* (1997), señalan que la disminución del agua a las plantas no tiene efecto en los rendimientos, aunque Kubota y Kudo (1992), citan que al producirse un déficit de agua en las plantas, se disminuyen los rendimientos y se obtienen frutas de menor calibre.

Sin embargo, cultivos de rambután que fueron sometidos a estrés hídrico durante una semana resultaron en la inducción de la floración y en un aumento en el

número de brotes, lo que sugiere que un déficit de riego monitoreado puede generar dos producciones de fruta al año (Rodríguez-Rodríguez, 2008).

Adicionalmente, la técnica del déficit hídrico ha sido utilizado en otros cultivos, por ejemplo Dry *et al.*, (2001) demostraron que la técnica del riego deficitario promueve buen rendimiento y calidad de las bayas para la producción de vino, controlando el tamaño del fruto y obteniendo un aumento en el contenido de fenoles, componentes responsables de los aromas del vino. Esto se produce ya que durante el estrés hídrico en los tejidos de las plantas se genera una acumulación activa de solutos como azúcares y prolina, ésta última actúa como agente osmótico durante el estrés, protegiendo a la planta contra la desecación (Harsh, 2003).

2.7. Características postcosecha

El color del pericarpio es una de las características principales que se utilizan para juzgar la calidad comercial del rambután. La pérdida del color ha sido un aspecto importante de investigación en postcosecha para este fruto (Landrigan *et al.*, 1996).

El principal factor que afecta la pérdida del color es el oscurecimiento del pericarpio debido a la deshidratación del fruto, lo que ocasiona el deterioro del mismo después de la cosecha, a menudo dentro de 3 o 4 días. Aunque la pérdida de agua y el oscurecimiento del pericarpio pueden no afectar la calidad comestible del fruto, en gran medida se reduce el valor comercial en los mercados occidentales y se considera una de las principales causas de la pérdida postcosecha (Caballero-Pérez *et al.*, 2011)

Otra causa potencial de pérdidas postcosecha en rambután es el daño mecánico de la fruta. Se ha sugerido que el daño mecánico puede degradar la apariencia de los frutos (Bagshaw, 1995). En otros cultivos este factor ha demostrado resultar en importantes pérdidas post-cosecha, pero la magnitud del problema en la industria del rambután aún debe evaluarse.

2.7.1. Contenido de agua

Los frutos sufren una disminución progresiva del peso por la pérdida de agua después de la cosecha. Esto se ha atribuido a factores de respuesta del tejido por la falta de humedad, tales como el cierre de estomas y un efecto rezago de humedad que los atrae a la superficie del fruto (Van den Berg, 1987).

El efecto del contenido de agua en la pérdida de humedad también se aplica a frutos recién cosechados. Por ejemplo, cultivos de Kiwi bien hidratados durante la cosecha mostraron una pérdida postcosecha de agua más rápido que los frutos que habían sido sometidos a estrés hídrico durante su cultivo (Burdon y Clark 2001). En cierta medida esta aseveración es contradictoria, ya que para muchos cultivos se recomienda la hidratación máxima antes de la cosecha. De esta manera se sugiere que el contenido de agua en la cosecha se puede ver afectada por la demanda de agua por parte del árbol, influenciado por factores tales como lluvia, riego, el tipo de suelo y el desarrollo radical (Bagshaw, 1995).

Por otra parte, el contenido de agua en la fruta también se ve influenciada por la hora del día. Por ejemplo en lichi, el potencial hídrico es de aproximadamente -0.5 MPa durante la noche, mientras que durante el día es de -1.2 MPa (Olesen, 2001).

De esta manera, el clima y hora de cosecha influyen directamente con el proceso de la pérdida de agua en la vida postcosecha de los frutos (Bagshaw, 1995). Además, el suministro de agua durante el crecimiento y el desarrollo también puede afectar después de la cosecha la pérdida de humedad. Por ejemplo, en cultivos de manzana bien regados han mostrado una mayor pérdida de humedad que los frutos de árboles sometidos a estrés hídrico durante el desarrollo de los mismos (Kilili *et al.*, 1996).

2.7.2. Pérdida de agua

La pérdida de humedad en los frutos típicamente reduce su atractivo visual y valor comercial. Esto es un fenómeno natural debido a un gradiente de potencial que atrae el vapor de agua a la atmósfera. El pericarpio de la fruta proporciona una barrera a la pérdida de humedad, que varía sustancialmente en los diferentes cultivos frutales. La pérdida de humedad se acelera por la poca resistencia que opone la piel del fruto al movimiento del vapor de agua, a las corrientes de aire, temperaturas cálidas, baja humedad relativa y los gradientes de temperatura que se dan entre el aire y el fruto (Landrigan *et al.*, 1996). De esta manera la desecación es un riesgo constante durante todo el cultivo, principalmente después de la cosecha, que lleva a pérdidas sustanciales (Tindall *et al.*, 1994).

En la práctica, la pérdida de humedad generalmente se minimiza mediante el control de la Humedad Relativa (HR) y temperatura, particularmente por el uso combinado de envasado y refrigeración después de la cosecha hasta llegar al consumidor final (Timm *et al.* 1989).

La deshidratación de los frutos de rambután típicamente causa reducción del peso, una disminución de la apariencia y la textura. Los cambios en la apariencia debido a la deshidratación comúnmente incluyen oscurecimiento o coloración amarillenta, brillo reducido, apariencia seca y disminución de la intensidad del color. Por otra parte, los cambios en la textura incluyen ablandamiento, marchitamiento, arrugamiento del tejido y la pérdida de nitidez. En general estos síntomas aparecen cuando se pierde entre 4 y 8 % del peso del fruto. En rambután el oscurecimiento del pericarpio es el síntoma más evidente de la pérdida de agua y pasa de un color rojo en fresco a un café pálido (Van den Berg, 1987).

Algunos daños pueden revertirse principalmente aumentando la humedad relativa; sin embargo, cuando el daño ha sido prolongado, éste es irreversible (Shewfelt, 1993).

2.7.3. Efectos fisiológicos de la pérdida de agua

En general la pérdida de humedad estimula la síntesis de etileno que a su vez influye fuertemente en la fisiología de los frutos (Aharoni *et al.*, 1975). Se ha demostrado que el estrés hídrico acelera sustancialmente la maduración de frutos climatéricos a través del aumento de la síntesis de etileno, tal es el caso del aguacate, plátano y pera (Littmann, 1972). El etileno también estimula el proceso de senescencia, y acelera el deterioro causado por el aumento en la tasa respiratoria, la pérdida de la integridad celular y la liberación de enzimas tales como Poloalacturonasa (PG), peroxidasa (POD), lipoxidasa, alfa-amilasa, polifenol oxidasa (PPO) y fenilalanina amonialasa (PAL) (Kader, 1985). La actividad enzimática también puede ser provocada por la humedad y tensión dependiente de

etileno, como se muestra en la estimulación de la PG en pepino por el estrés postcosecha de agua. Esta enzima parece ser generada en respuesta directa a la tensión del agua, resultado de la síntesis de etileno (Kubo *et al.*, 2000).

Adicionalmente, la desecación provoca cambios similares a la degradación senil, incluida la pérdida de la integridad de las membranas celulares y la fuga de sus contenidos, la degradación más rápida en la superficie de los tejidos y por lo tanto la coloración café- amarillenta (Ben-Yehoshua, 1987; Van den Berg, 1987). De esta manera, la pérdida de humedad en frutos no climatéricos como el rambután es el resultado del aumento en la conductividad de los tejidos del pericarpio, síntoma de la pérdida de la integridad de las membranas. Chen y Hong (1992), demostraron en frutos de litchi que la conductividad varió entre 50-100 mS en frutos hidratados, entre 100 y 150 mS cuando disminuyó en 10 % el peso y 150-250 mS cuando el peso se pierde en 20 %.

Existen además efectos secundarios durante el proceso de envejecimiento producto de la deficiencia de agua en los frutos, como la reducción en la tasa fotosintética en las frutas verdes y verduras; esta sintomatología reduce la capacidad de curar daños ocasionados por factores ambientales. Una combinación de procesos, incluyendo la pérdida de la integridad de la membrana y los cambios en la estructura de la cutícula, provocan una incapacidad a la invasión de patógenos (Van den Berg, 1987).

La deshidratación también reduce el contenido nutricional, siendo las vitaminas las más afectadas (Van den Berg, 1987). Los numerosos cambios en los frutos y la fisiología causada por la falta de humedad se combinan para dar lugar a la pérdida total de la calidad y la vida de anaquel.

El oscurecimiento de la piel en rambután se mide a través de una escala subjetiva que denota el grado de oxidación del pericarpio. El tiempo de oxidación de los frutos depende directamente de las variedades evaluadas, iniciándose entre 2 % hasta 9 % de la pérdida de peso (Underhill y Critchley 1993; Liang *et al.*, 1998; Shi *et al.*, 2001). En selecciones de rambután RI-115 se observa 30 % de oxidación en los frutos a los dos días de cosecha, los RI-148 a los tres y la selección RI-104 a los 4 días, manteniendo por más tiempo el color característico del fruto. Estas variaciones se pueden deber a diversos factores, entre los diferentes métodos de evaluación, condiciones de cultivo, variedades y el contenido de agua durante la cosecha y postcosecha antes de la evaluación de los frutos (Caballero-Pérez *et al.*, 2011).

Recientes investigaciones han descrito los cambios bioquímicos y físicos en la estructura de las células producto de la falta de humedad en los frutos de rambután y litchi. Principalmente la plasmólisis celular y liberación de los contenidos citoplásmicos, que se cree, causan el pardeamiento típico de deshidratación. Se sabe que las enzimas y sus sustratos se encuentran en compartimentos diferentes dentro de las células y que debido a la plasmólisis provocan reacciones de oxidación que generan la pérdida del color del fruto (Shi *et al.*, 2001). Este proceso ha generado un gran interés entre los investigadores por dilucidar los procesos bioquímicos que provocan la desecación y pérdida del color en rambután. Originalmente en trabajos realizados en litchi, la principal hipótesis de pardeamiento fue por presencia de las antocianinas; pigmentos que le confieren el color característico al litchi y a las variedades rojas del rambután, y la presencia de enzimas que denota el pardeamiento del pericarpio por oxidación y polimerización

de compuestos fenólicos, incluyendo las antocianinas rojas, causado por la actividad de la PPO y la POD (Underhill y Critchleg, 1993). El pardeamiento en estos frutos se ha podido retardar con compuestos inactivadores de dichas enzimas (Jiang, 2000).

Kobkiat *et al.* (2006) demostraron que sumergiendo los frutos de litchi en agua caliente (98°C) antes de un tratamiento con ácido oxálico durante 15 minutos, los frutos mantuvieron el color del pericarpio, retardando el pardeamiento del mismo por inhibición de la actividad de PPO y PO, obteniéndose niveles elevados de antocianinas totales.

En otros estudios se ha demostrado que el pH del pericarpio juega un papel importante en el pardeamiento. Reducción del pH del pericarpio en frutos de litchi tratados con ácidos como: HCl, ácido cítrico o ácido sulfúrico, mejoran la apariencia del fruto y mantienen por más tiempo la coloración después de la cosecha (Underhill y Critchley, 1993; Underhill y Simons, 1993), de esta manera, sugieren que en el proceso de oxidación del pericarpio, las antocianinas se convierten a una forma incolora en condiciones de pH alto, lo que permite que el pardeamiento se haga mucho más evidente. Así mismo, parece que la degradación mediada por PPO de las antocianinas es uno de los mecanismos del oscurecimiento del pericarpio, pero también hay otros procesos que pueden contribuir (Jiang, 2000).

Hay tratamientos químicos y revestimientos artificiales que se han utilizado para evitar la pérdida de agua en frutos de rambután (por ejemplo, ceras); Mendoza *et al.*, (1972) informaron de dos ceras para reducir la pérdida de agua durante dos días en el cv. Maharlika a 27 °C, pero posteriormente los frutos presentaron una

transpiración alta, por lo que las ceras son menos eficaces que el almacenamiento en bolsas de polietileno.

Hernández-Arenas *et al.* (2010) demostraron que cuando los frutos de rambután se empaquetan en polímeros como Clamshell® y Pliofilm® y se almacenan a 10 °C se reduce 35 % la pérdida de peso y se prolonga la vida en anaquel hasta por 14 días manteniendo buena calidad visual y comercial de los frutos.

Hasta el momento, las atmósferas modificadas (AM) principalmente las que involucran refrigeración mantienen la calidad y extienden la vida en anaquel de los productos frescos (Devon y Kader, 1988), ya que crean una barrera física alrededor de los frutos, incrementan la humedad relativa, reducen la deshidratación y el oscurecimiento del pericarpio (O'Hare *et al.*, 1994; Morris y Jobling, 2002).

2.7.4. Actividad de Polifenol Oxidasa (PPO)

Durante varios años la polifenol oxidasa (PPO) se ha asociado con la degradación de antocianinas y otros compuestos fenólicos en una amplia gama de especies frutales (Mathew y Parpia, 1971). De esta manera se asumió que la PPO descompone las antocianinas en frutos de lichis y rambutanes y que a través de la hidroxilación de monohidroxifenoles a o-dihidroxifenoles y la deshidrogenación de o-dihidroxifenoles a o-quinonas, que son polimerizadas por una reacción no enzimática, se da lugar a la formación de subproductos que resultan en la generación del color oscuro y, por lo tanto del pardeamiento del fruto (Mayer y Harel, 1979).

También se sabe que la pérdida de humedad y un pH alto aumentan la actividad de la PPO, condiciones que también se ha demostrado que estimulan la oxidación del

pericarpio en rambután (Jiang, 2000). La PPO tiene su máxima actividad a pH 7, mientras que la actividad se reduce a pH ácido, y se inhibe por debajo del 4.2 (Jiang *et al.*, 1997).

Tanto los frutos de lichi como los de rambután tienen un pH ácido en el pericarpio, y tendría que ser suficiente para inhibir a la PPO; sin embargo, el aumento del pH de 4.15 a 4.52 durante la pérdida de agua postcosecha probablemente estimule la actividad de la PPO, y aunque existen muchos factores que inician la actividad de PPO, la pérdida de la humedad es considerada la más importante en cultivos de litchi y rambután (Underhill y Critchley 1993).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del sitio de estudio

Parte del presente trabajo se llevó a cabo en el huerto comercial “La Chinita”, ubicado en el Km. 4.5 de la carretera Huehuetán Estación-Nueva Victoria, municipio de Huehuetán, Chiapas, México, geográficamente localizada entre las coordenadas 15° 00' 33" Latitud Norte y 92° 26' 17" Longitud Oeste, con una altitud de 19 msnm.

3.2. Características del suelo

La huerta de Rambután presenta las siguientes características de suelo: una textura migajón, porcentaje de materia orgánica de 1.31, pH de 6.1, una porosidad de 37.2 %, porcentaje de saturación de 59.7 % y una capacidad de campo de 37 %.

3.3. Factores de estudio

Los árboles de rambután de los cuales se obtuvieron los frutos para su estudio postcosecha, estuvieron sometidos a diferentes manejos agronómicos, en un solo factor y en combinaciones de los mismos. Las prácticas de manejo fueron:

Anillado: este se realizó haciendo incisiones de 3 mm de profundidad y en circunferencia de las ramas secundarias de los árboles.

Poda: se efectuó haciendo cortes de 30 cm aproximadamente en el penúltimo flujo vegetativo, donde se presentó un color café claro en la rama.

Estrés hídrico: para ello se suspendió el riego a los árboles hasta alcanzar el porcentaje de marchitez temporal (PMT-13 % de humedad aprovechable), una vez alcanzado el PMT, se aplicó un riego de recuperación (RR). Este proceso se realizó al término de la temporada de lluvias. Las condiciones de riego, consistieron en mantener el contenido de humedad aprovechable con valores superiores a 25 % durante todo el periodo del experimento.

De esta manera, los factores de estudio fueron: Estrés Hídrico, poda, anillado, riego (Testigo) y la combinación de éstos, con lo que resultó un total de ocho tratamientos, tal como se indica en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Tratamientos de manejo agronómico en árboles de rambután.

Tratamiento	Factor (es)	Simbología
1	Estrés hídrico	E
2	Estrés hídrico y poda	E+P
3	Estrés hídrico y anillado	E+A
4	Estrés hídrico, poda y anillado	E+P+A
5	Riego hídrico (Testigo)	R
6	Riego hídrico y poda	R+P
7	Riego hídrico y anillado	R+A
8	Riego hídrico, poda y anillado	R+P+A

3.4. Material biológico

Se obtuvieron 75 frutos de un árbol de rambután de cada uno de los tratamientos a los que fueron sometidos. Los árboles se encontraban en producción, con una edad de 14 años y son considerados por los productores como variedades “Criollas”, y se

utilizaron de la siguiente manera: 30 frutos por tratamiento para monitorear el peso del fruto (PF) , pérdida de peso del fruto (PPF), oscurecimiento del pericarpio (OP) , pérdida de la longitud (PL) y diámetro del fruto (PD), así como la vida de anaquel (VA), Se usó un diseño de bloque completo al azar con 3 repeticiones, de 10 frutos por repetición. 15 frutos por tratamiento para las variables grosor del arilo (GA), grosor del pericarpio (GP), número de espiternos (NE), tamaño de los espiternos (TE), diámetro de la semilla (DS) y cantidad de sólidos solubles totales (SST); estas variables se determinaron a una temperatura de $30^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa variable entre 80-90 %. Adicionalmente 30 frutos por tratamiento se utilizaron para las determinaciones bioquímicas, para las cuales los frutos fueron transportados laboratorio de Fisiología de Frutales de la Universidad Autónoma Chapingo ubicada en la carretera México-Texcoco kilómetro 38.5, Chapingo, Estado de México. Se utilizaron 6 frutos por repetición con un total de 5 repeticiones en cada tratamiento. De estos frutos se determinaron las variables: Azúcares totales (AzT), contenido de Vitamina C (VC), Fenoles Totales (FT) y Acidez Titulable (AT). De estos 30 frutos a 6 de ellos por cada uno de los tratamientos se les determinó la variable firmeza (FF). Los análisis en laboratorio se realizaron a una temperatura de $21^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa de 40 %.

3.5. Variables evaluadas

3.5.1. Peso del fruto

Los frutos se pesaron en una balanza granataria (DHAUS®), al momento de cosecha y diariamente por 5 días. Se determinó la pérdida de peso en porcentaje con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Pérdida de peso} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

3.5.2. Diámetro y longitud del fruto

El diámetro del fruto (DF) se midió con un vernier en la parte ecuatorial del fruto, en forma perpendicular a la sutura del pericarpio, mientras que la longitud (LF) se midió desde los extremos apical y basal del fruto.

3.5.3. Firmeza (FF)

Se determinó mediante un texturómetro Mecmesin CE 200N® de puntal cónico de 6 mm de diámetro, midiendo la fuerza (Newtons) necesaria para penetrar el pericarpio.

3.5.4. Sólidos solubles totales (SST)

Al arilo de cada uno de los frutos por tratamiento, se le extrajo el jugo y se colocaron unas gotas del mismo en un refractómetro marca ATAGO MASTER BR®. La medición se reportó en °BRIX.

3.5.5. Oscurecimiento del pericarpio (OP)

Se determinó diariamente fotografiando cada uno de los frutos durante 5 días, con base a una escala subjetiva en el aumento de la coloración café en el pericarpio de los frutos.

3.5.6. Número y tamaño de los espiternos (NE y TE)

Se evaluaron al momento de la cosecha; la longitud se midió con un vernier, desde la base hasta el ápice.

3.5.7. Grosor del arilo, del pericarpio y de la semilla (GA, GP y GS)

Los frutos de cada tratamiento se cortaron de manera transversal y se midió el grosor del arilo, pericarpio y semilla con el apoyo de un vernier digital.

3.5.8. Vida de anaquel (VA)

Se determinó diariamente durante 5 días con base a una escala subjetiva: 1= oxidación total (100 %), 2= oxidación intensa (aprox. 80 %), 3= oxidación media (50 %), 4= oxidación baja (30 %) y 5= sin oxidación (< 20 %). Se tomaron en cuenta las indicaciones provenientes del Codex Norm for Rambutan 246-2005 para la comercialización y calidad de los frutos, propios que indican que a partir de 30 % de oxidación del fruto se considera de baja calidad y poca comercialización en el mercado internacional, por lo que cuando los frutos llegaban a ese nivel de oxidación eran removidos del almacenamiento.

3.5.9. Azúcares totales (AzT)

Se utilizó el método de antrona descrito por Witham *et al.* (1971): Se pesaron 0.5 g de pulpa y se mezcló con 50 ml de alcohol etílico (70 %), y se colocó a ebullición durante 15 minutos; la solución se filtró en papel Whatman® grado 40 y se aforó a 100 ml con alcohol 70 %. Se tomó una alícuota de 1 mL en un tubo de ensayo y se le adicionaron 6 mL de reactivo de antrona (stock 66 % (v/v) de H₂SO₄ + 340 mL de agua, se disolvieron 10 g de Tiourea (MERCK®) y 0.5 g de Antrona (MERCK®), y se aforó a 1L). Posteriormente los tubos se colocaron en baño maría durante 10 minutos, se pusieron en agua fría y al final se determinó la absorbancia a 630 nm en un espectrofotómetro (UNICO Modelo 1100RS®), usando una curva estándar de glucosa (MERCK®) de 30 mg·mL⁻¹.

3.5.10. Acidez titulable (AT)

La acidez se determinó por titulación con NaOH 0.1 N en base al ácido málico (AOAC, 1990): se pesaron 5 g de pulpa y se les adicionó 50 mL de agua y se molió en una licuadora Moulinex® durante aproximadamente 30 segundos; la solución se filtró con una gasa y se midió el volumen obtenido. Se tomó una alícuota de 10 mL y se le adicionaron 2 gotas de fenolftaleína como indicador. Se tituló con NaOH 0.1 N hasta que la coloración rosa perdurara durante 15 segundos. Entonces se midió el volumen de NaOH gastado.

Se calculó el porcentaje de acidez titulable en base al ácido málico, que es el que se encuentra en mayor proporción en los frutos de rambután, utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ ácido} = \frac{\text{mL NaOH} \times \text{N NaOH} \times \text{Meq. Ac.} \times V \times 100}{\text{Peso de la muestra} \times \text{alícuota}}$$

Donde:

N= Normalidad del NaOH

V= Volumen total (mL de extracto después de moler en licuadora)

Meq. Ac.= Miliequivalentes de ácido málico (0.066)

3.5.11. Vitamina C (VC)

El contenido de ácido ascórbico o vitamina C (VC) se determinó con base en el método del 2, 6 diclorofenol indofenol (DCPIP) (AOAC, 1990), titulando con solución de Tillman al 0.02 % (2,6-diclorofenol indofenol 0.02 % + 0.05 % de

NaHCO₃): Se pesaron 5 g de pulpa, se le adicionaron 50 mL de ácido oxálico al 0.5 % y se molió en una licuadora Moulinex®. Se midió el volumen total en una probeta. Se tomaron 10 mL y se tituló con solución de Tillman. Se midió el volumen gastado hasta que la coloración rosa permaneciera durante 15 segundos. Los resultados se reportaron en mg · 100 g⁻¹ de pulpa.

La cantidad de vitamina C se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$mg \text{ de vitamina C} / 100 \text{ g pulpa} = \frac{\text{Gasto de DCPIP} \times 0.133 \times \text{Volumen total} \times 100 \times Fd}{\text{Alícuota} \times \text{peso de la muestra}}$$

Donde:

Gasto de DCPIP = mL de 2,6 diclorofenol indofenol

0.133 = factor de corrección para las diferentes especies químicas en las que se encuentra el ácido ascórbico (Ácido ascórbico reducido, ácido monohidroascórbico y ácido dihidroascórbico).

Fd = factor de dilución

3.5.12. Fenoles totales (FT)

La determinación se realizó utilizando el método de Rathjen y Robinson (1992) : se pesó 1g de pulpa, se le agregaron 25 mL de agua destilada y se molió en una licuadora Moulinex®. La solución se filtró en papel Whatman® grado 40 y se

tomaron 2 mL a los que se les adicionaron 4 mL de la solución de extracción Metanol:Cloroformo:Agua (2:1:1) y se centrifugó a 2200 rpm durante 15 minutos.

El sobrenadante se pasó a un tubo de ensaye y se le adicionaron 10 mL de NaCO₃ a 10 %, se mezclaron y colocaron por 15 minutos a 38 °C. A 1 mL de esta solución se le adicionó 1mL del reactivo de FOLIN-CIOCALTEU® (Sigma-Aldrich) (1:1 en agua destilada), se dejó reposar 15 minutos en la oscuridad para desarrollar el color. La lectura se realizó en un espectrofotómetro (UNICO Modelo 1100RS®) a 660 nm, usando una curva estándar de cristales de fenol. Los resultados fueron reportados en mg·100 g⁻¹ de pulpa.

3.6. Análisis estadístico

Los datos obtenidos en cada variable se sometieron a un análisis estadístico. Se hizo análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación de medias de Tukey (P= 0.05) mediante el programa SAS (Statistical Analysis Systems), versión 8.0. (SAS Institute, 2002).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características físicas

4.1. 1. Peso del fruto (PF)

El peso en los frutos de rambután es una de las principales variables que toman en cuenta los estándares internacionales establecidos en el Codex Norm for Rambutan 246-2005 para la comercialización y calidad de los frutos, que indican que el peso para la comercialización debe ser mayor a 30 g.

En esta variable hubo diferencias significativas (Cuadro 4, Figura 5). Para el caso del tratamiento con estrés hídrico se obtuvieron frutos de más de 40 g, mientras que en los otros tratamientos osciló entre 26 y 30 g, con excepción del tratamiento con riego y poda, en el cual los frutos pesaron menos (21.79 g).

Los resultados contrastan con lo reportado por Tindall *et al.*, (1994), quienes mencionan que el riego en el rambután es un factor importante debido a que es un cultivo susceptible a la escasez de agua, por lo que demanda un riego constante para que tenga un mejor rendimiento. Parra-Quezada (2008), mencionan que el efecto del estrés hídrico en los frutos dependen de la severidad y el tiempo que se someta la planta, pero la carga de la misma sí afecta al tamaño del fruto.

Otros autores como Ferreyra *et al.* (1997), señalan que la disminución del agua a las plantas no tiene efecto en los rendimientos; sin embargo, Kubota y Kudo (1992), citan que al existir un déficit de agua en las plantas, se disminuyen los rendimientos y se obtienen frutas de menor calibre. En contraste, los resultados obtenidos muestran que el peso del fruto no se ve disminuido en los tratamientos de árboles

que estuvieron sometidos a déficit hídrico e incluso presentan el peso deseable para los frutos de exportación.

Cuadro 4. Variables físicas en frutos de rambután sometidos a diferentes manejos agronómicos.

TRATAMIENTO	PF (g)	FF (N)	GA (mm)	GP (mm)	DS (mm)
R	30.02 bc	50.36 ab	7.93 b	2.73 bc	8.86 bcd
R+P	21.79 d	52.83 ab	6.63 c	2.40 c	7.53 e
R+A	27.79 bc	48.65 b	7.06 bc	2.80 bc	9.53 ab
R+P+A	28.81 bc	63.78 a	7.10 bc	2.63 bc	9.53 ab
E	40.20 a	56.65 ab	9.13 a	3.66 a	8.70 cd
E+P	27.58 bc	60.85 ab	6.70 c	3.03 b	8.46 d
E+A	26.30 c	60.83 ab	7.96 b	2.66 bc	1.013 a
E+P+A	26.90 c	55.15 ab	7.33 bc	2.73 bc	9.33 abc
CV %	17.38	14.24	11.66	15.64	7.95

R= Riego, E = Estrés hídrico, P= Poda, A= Anillado, N = Newtons, PF = Peso del fruto, FF = Firmeza del fruto, GA = Grosor del Arilo, GP= Grosor del pericarpio, DS = Diámetro de la semilla. PF es el resultado de 30 frutos por Tratamiento, GA, GP y DS son valores de 15 frutos por tratamiento y FF es la determinación de 6 frutos por tratamiento. Valores con las mismas letras en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey P = 0.05).

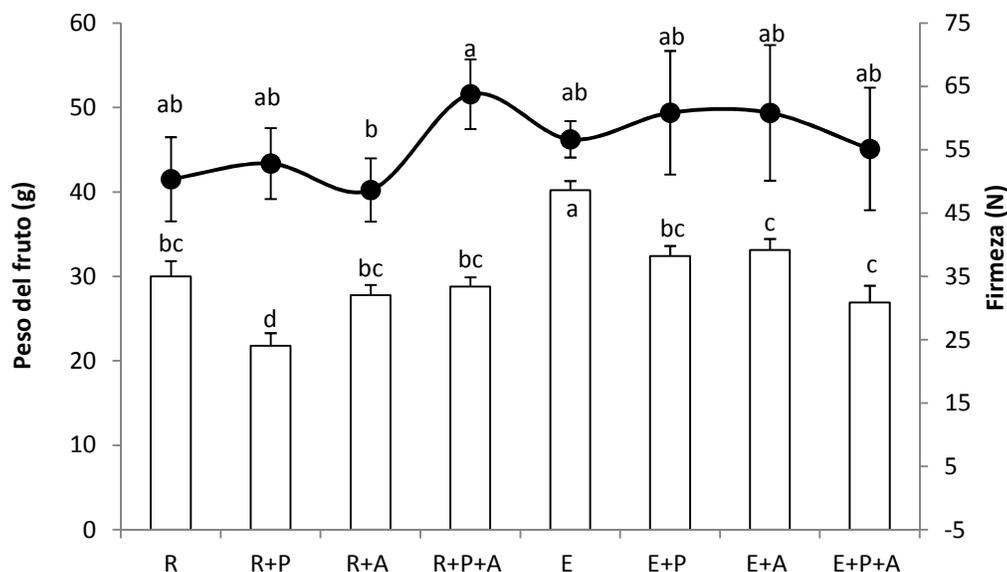


Fig. 5. Peso y firmeza de los frutos de rambután de variedades “criollas” sometidos a distintos manejos agronómicos. R= Riego, E = Estrés hídrico, P= Poda y A= Anillado. Resultados de 30 frutos por tratamiento. Peso en gramos (barras), Firmeza en Newtons (lineal). Valores con las mismas letra de la misma serie son estadísticamente iguales (Tukey P = 0.05).

4.1.2. Firmeza

La firmeza tuvo diferencias significativas sólo entre los tratamientos R+A y R+P+A con 48.65 N y 63.78 N, respectivamente. Aunque el mayor grado de firmeza de los frutos se observó en los tratamientos con riego en combinación con la práctica de poda y anillado, no hubo diferencias estadísticas con los tratamientos sometidos a deficiencia de humedad (Cuadro 4, Figura 5).

La firmeza en los frutos de rambután es una variable importante ya de que se ha demostrado que influye directamente con la pérdida de agua, así como del oscurecimiento del pericarpio (Yingsanga *et al.*, 2006). De esta manera, para el caso de rambután, se ha observado que la firmeza es un indicativo del grado de

deshidratación del pericarpio y su consecuente oscurecimiento y pérdida de calidad visual de los frutos (Landrigan *et al.*, 1994).

4.1.3. Grosor del pericarpio y del arilo (GP y GA)

En cuanto al grosor del pericarpio hubo diferencias significativas en los distintos manejos agronómicos (Cuadro 4, Figura 6). El tratamiento R+P fue el que presentó menor grosor de la piel (2.4 mm), mientras que el tratamiento E presentó el mayor grosor del pericarpio con 3.6 mm. Entre los otros tratamientos no hubo diferencias. Según lo reportado por (Van Welzen y Verheij, 1991), el pericarpio tiene un grosor de 2 a 4 mm dependiendo del cultivar o selección, además algunos autores citan que el tamaño, la composición así como el color del mismo son características importantes para la comercialización y definen su comportamiento en vida de anaquel (Lam y Kosiyachinda, 1987).

El cambio en la apariencia del pericarpio después de la cosecha es uno de los principales factores que afectan la vida de anaquel de los frutos de rambután debido al oscurecimiento de la piel y los espiternos (Mendoza *et al.*, 1972), Tales cambios tienen un impacto negativo en el valor comercial del fruto (Kosiyachinda *et al.*, 1987). De acuerdo con Denna (1970) la estructura y composición de cada región del pericarpio confiere la capacidad al fruto de resistir la pérdida de humedad. Huang *et al.* (2004) mostraron que frutos de litchi cv. Huaizhi con mayor grosor del tejido esponjoso en el pericarpio, presentaron menor deshidratación.

Los resultados obtenidos en las variables FF y GP (Cuadro 4, Figs. 5 y 6), sugieren que la composición del pericarpio puede determinar el comportamiento postcosecha de los frutos de rambután aun cuando no exista una relación directa

entre estas variables, ya que un mayor grosor del pericarpio no indica que el pericarpio sea más firme.

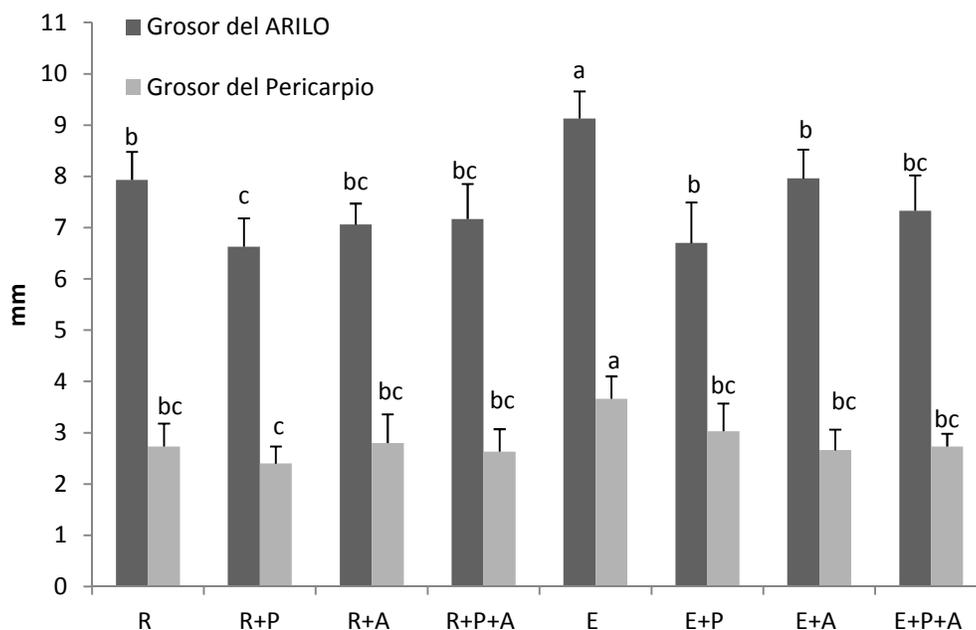


Fig. 6. Grosor del arilo y pericarpio en frutos de rambután sometidos a distintos manejos agronómicos R= Riego, E = Estrés hídrico, P= Poda y A= Anillado. Resultados de 15 frutos por tratamiento. Valores con las mismas letras de la misma serie son estadísticamente iguales (Tukey P = 0.05).

En el grosor del arilo se tuvieron diferencias significativas entre los tratamientos con estrés hídrico y con riego constante. El Cuadro 4 y Fig. 6, muestran que los frutos sometidos a déficit hídrico produjeron un mayor grosor del arilo, mientras que en los demás manejos no hubo diferencias significativas con relación a esta variable.

El grosor del arilo es una de las características más importantes para la comercialización y la aceptación de los frutos de rambután en el mercado ya que es la parte comestible del fruto, de color translúcido con sabor ácido-dulce y en algunas variedades o selecciones comerciales se adhiere a la semilla (Tindall *et al.*,

1994; Avendaño-Arrazate *et al.*, 2011), la cual es de forma ovoide o elipsoide de color café brillante (Ong *et al.*, 1998).

Los frutos de rambután en los que el arilo se desprende más fácilmente son más aceptados en el mercado. Debido a que el pericarpio y la semilla crecen primero que el arilo, se ha sugerido que el pericarpio proporciona sustancias y espacio limitado para el crecimiento del arilo (Huang y Xu, 1983), siendo el arilo y el pericarpio los componentes más importantes del fruto con 44 y 47 % del total (Caballero- Pérez *et al.*, 2011), de esta manera, la obtención de frutos con un porcentaje mayor de arilo tienen una buena aceptación tanto en el mercado nacional como para la exportación. De acuerdo con Huang *et al.* (2004), el endocarpio junto con el mesocarpio constantemente soportan la presión ejercida por la expansión del arilo durante el desarrollo del fruto de litchi y por tanto estos tejidos confieren resistencia a la deformación por parte del pericarpio.

Las figuras 7 a y b, muestran la forma y el desprendimiento del arilo de la semilla. Algunos estudios citan que el desprendimiento de la semilla depende de la variedad (Tindall *et al.*, 1994); sin embargo, en los resultados de los frutos tratados con riego constante se observa que el desprendimiento es más difícil, incluso se muestran como restos de arilo adheridos a la semilla y el daño en la superficie de la misma es mayor. Por otra parte, en los frutos sometidos a estrés hídrico el daño que se le ocasiona a la semilla después de desprender el arilo es mínimo y la parte comestible tiende a desprenderse fácilmente.

En el Cuadro 4 también se muestra que el diámetro de la semilla es menor para el tratamiento de R+P, en tanto que el mayor diámetro se encontró en el tratamiento

E+A y se relaciona con otras variables como el Grosor de arilo y del pericarpio e incluso con el tamaño del fruto.

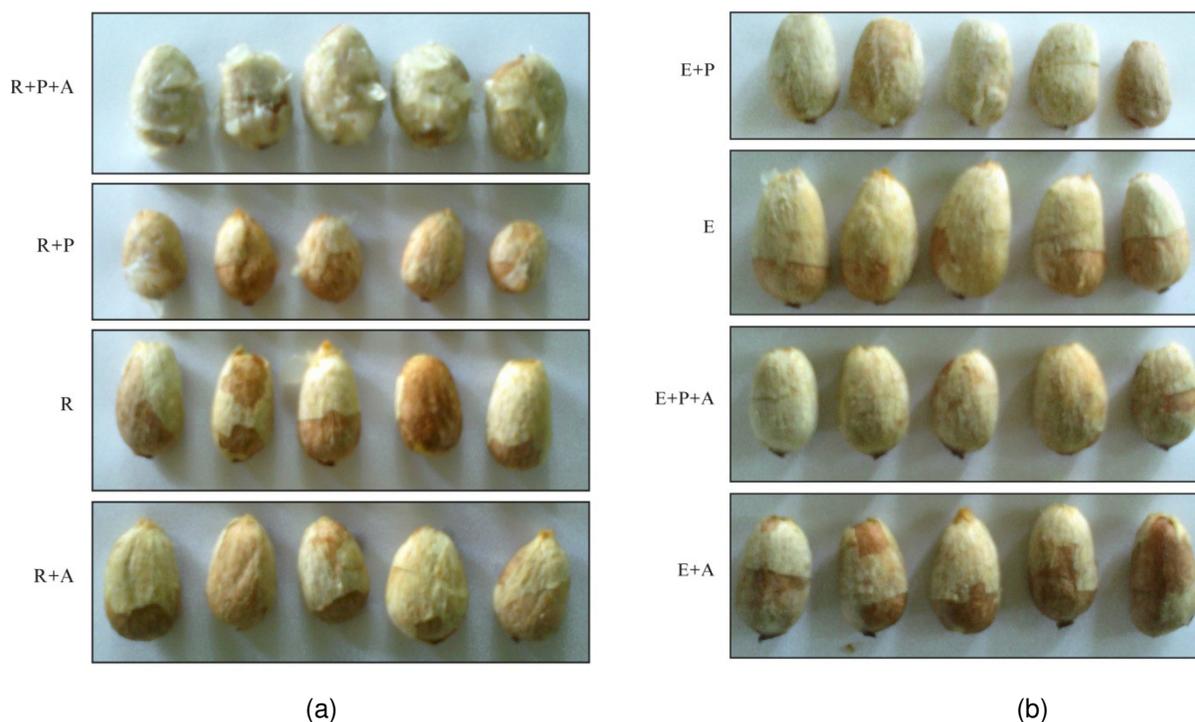


Fig. 7. Forma de la semilla y su desprendimiento del arilo en frutos de rambután sometidos a diferentes manejos agronómicos. (a) Semillas de árboles tratados con riego y sus combinaciones. R= Riego, P= Poda y A= Anillado. (b) Semillas de árboles tratados con estrés hídrico. E= Estrés hídrico, P= Poda y A= Anillado.

4.1.4. Número y tamaño de los espiternos (NE y TE)

Los resultados muestran que el tamaño de los espiternos de los frutos de rambután sometidos a diferentes manejos agronómicos tienen diferencias significativas en casi todos los tratamientos (Cuadro 5), siendo los frutos sometidos a E+A en el que se presenta una longitud menor (0.98 cm), mientras que R+P y R+A, presentan una mayor longitud (1.39 cm para ambos tratamientos). En cuanto

al número de espiternos (Cuadro 5) las diferencias son mínimas. El tratamiento R+A tienen menor número, lo cual podría deberse a que los frutos de dicho tratamiento son más pequeños.

Diversos estudios han demostrado que la pérdida de peso del fruto de rambután es directamente proporcional al número de sus espiternos; sin embargo, el principal factor que determina que el fruto comience a deshidratarse bajo ciertas condiciones ambientales es la densidad estomática que presentan los espiternos porque influyen en la cantidad de oxígeno disponible para la actividad de enzimas como la polifenol-oxidasa y peroxidasa presentes en el tejido y responsables del oscurecimiento del pericarpio (Yingsanga *et al.*, 2006).

Estudios anteriores también han mostrado que la morfología del fruto afecta la pérdida del color rojo característico debido a la presencia de estomas en los espiternos los cuales permiten la salida de agua del fruto (Wongs & Kanlayanarat, 2005). De esta manera, la densidad estomática contribuye a la respuesta de oxidación del fruto al grado de que la transpiración es mayor con el incremento en el número de estomas por superficie y la deshidratación ocurre más rápido cuando hay una mayor superficie de contacto con el aire, la cual se incrementa con una mayor longitud de los espiternos (Ben-Yehoshua, 1987; Landrigan *et al.*, 1994).

Por otra parte, los frutos de los tratamientos con estrés hídrico poseen una mayor cantidad de espiternos, dicha magnitud es ligeramente menor que la de los tratamientos con riego; sin embargo, se sabe que tanto la magnitud como el

número de espiternos están determinados por la variedad del frutal (Tindall *et al.*, 1994).

Cuadro 5. Número y tamaño de espiternos en frutos de rambután sometidos a diferentes manejos agronómicos.

TRATAMIENTO	NE	TE (cm)
R	314 ± 20.45	1.28 c
R+P	345 ± 23.67	1.39 a
R+A	300 ± 20.10	1.39 a
R+P+A	321 ± 27.80	1.32 b
E	357 ± 22.90	1.01 f
E+P	368 ± 29.67	1.12 e
E+A	357 ± 20.45	0.98 g
E+P+A	368 ± 28.67	1.16 d
CV %		10.36

Valores promedio de 15 frutos por tratamiento ± desviación estándar. R= Riego, E = Estrés hídrico, P= Poda y A= Anillado. Valores con las mismas letras de la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$). NE= Número de espiternos y TE = Tamaño del espiterno.

4.1.5. Color del fruto

El color del fruto es una de las características comerciales muy importantes para el consumidor. Los frutos de rambután presentan diversas coloraciones dependiendo la variedad y pueden ser: color rojo, amarillo y en algunos casos anaranjado (Van Welzen y Verheij, 1991).

Los árboles de rambután utilizados son considerados por los productores variedades “criollas” debido a la poca investigación en cuanto a la caracterización fenotípica y genotípica que hay en la región, por lo que tienen una gran variabilidad en los patrones de coloración. Las figuras (8-15) presentan una descripción gráfica de la coloración de los frutos de rambután evaluados en los diferentes tratamientos en campo.

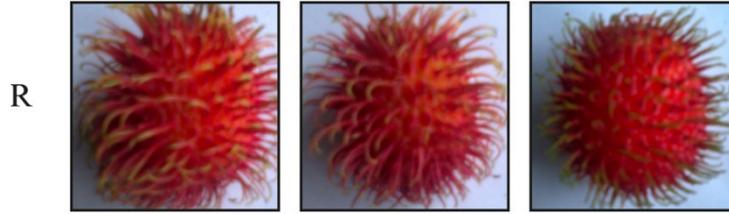


Fig. 8. Frutos ovalados de pericarpio rojizo-anaranjado ligeramente más rojizo en la base de los espiternos. Espiternos de ápice verde e inclinado hacia abajo. R= riego constante.



Fig. 9. Frutos ovalados de pericarpio rojizo uniforme, espiternos verdes en una tercera parte del mismo. R=Riego y A= Anillado.



Fig. 10. Frutos ovalados de pericarpio rojizo uniforme brillante, espiternos con ápice verde. R= Riego y P= Poda.



Fig. 11. Frutos ovalados de pericarpio rojo brillante y uniforme, espiternos de color verde en una tercera parte del mismo. R= Riego, P= Poda y A= Anillado.



Fig. 12. Frutos ovalados, de pericarpio naranja y rojizo en la base de los espiternos. Espiternos verdes sólo del ápice. E= Estrés Hídrico.

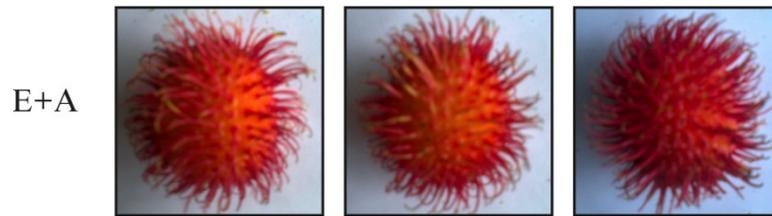


Fig. 13. Frutos ovalados de pericarpio color naranja irregular, rojizo en la base de los espiternos y el ápice color verde opaco. E= Estrés Hídrico y A= Anillado.



Fig. 14. Frutos ovalados de pericarpio color rojo-naranja y rojizo brillante en la base de los espiternos con ápice verde brillante.



Fig. 15. Frutos ovalados de pericarpio naranja-rojizo, la base de los espiternos es protuberante de color rojo intenso y ápice verde.

4.2. Comportamiento postcosecha

4.2.1. Vida de anaquel y oscurecimiento del pericarpio (VA y OP)

En las variables vida de anaquel y oscurecimiento del pericarpio hubo diferencias entre los tratamientos sometidos a riego constante y estrés hídrico (Cuadro 6, Figs. 16 a y b).

Actualmente existen algunas técnicas enfocadas en aumentar la vida postcosecha de los frutos de rambután, entre las que destacan la utilización de empaques con polietileno o polipropileno, donde se reporta una vida hasta de 16 días (Ketsa y Klaewkasetkorn, 1992; Srilaong *et al.*, 2002). Las técnicas de atmósferas modificadas principalmente las que involucran refrigeración y tratamientos con ácido absícico y salicílico ($10\mu\text{M}$ y $0.5\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ respectivamente), reducen la pérdida de peso y respiración de los frutos (Siriphollakul *et al.*, 2006). Los trabajos que consideran un manejo agronómico adecuado como posibilidad de mejorar el comportamiento del fruto después de la cosecha son escasos.

Los resultados mostraron que en los frutos de árboles tratados con déficit hídrico durante su cultivo se aumentó un día la vida de anaquel con respecto a los de árboles irrigados. Estos resultados coinciden con lo reportado para cultivos de kiwi, donde los frutos de árboles que habían estado sometidos a riego deficitario prolongaron su vida postcosecha como respuesta a la disminución en la deshidratación de los frutos durante su almacenamiento (Burdon y Clark, 2001).

Además, con riego, el pardeamiento (oscurecimiento) del pericarpio inicia a partir del día 2 después de la cosecha, mientras que con estrés hídrico el inicio del oscurecimiento de la piel del fruto se observó en el día 3.

El oscurecimiento del pericarpio se mide a través de una escala subjetiva que denota el grado de oxidación de la piel. El tiempo de oxidación de los frutos depende directamente de las variedades evaluadas, iniciándose entre 2 % hasta 9 % de la pérdida de peso (Underhill y Critchley 1993; Liang *et al.*, 1998; Shi *et al.*, 2001).

Caballero-Pérez *et al.*, (2011) demostraron que en frutos de rambután de las selecciones RI-115 se observa 30 % de oxidación en los frutos a los dos días de cosecha, los RI-148 a los tres y la selección RI-104 a los 4 días en una atmósfera de 22°C y 95 % de HR; manteniendo por más tiempo el color característico del fruto, y aunque la parte comestible del fruto no se ve afectada, se pierde su calidad y aceptación comercial.

Autores como Dry *et al.*, (2001) han demostrado que la técnica del riego deficitario tiene buen efecto en la calidad de los frutos para la producción de vino; ya que se obtienen bayas con una mayor cantidad de fenoles: componentes responsables de los aromas del vino.

Este efecto se produce debido a que durante el estrés hídrico en los tejidos de las plantas se genera una acumulación activa de solutos como azúcares y prolina; esta última actúa como agente osmótico durante el estrés, protegiendo a la planta contra la desecación (Harsh, 2003). Como el comportamiento estomático involucra

procesos de osmoregulación (Morgan, 1984), que requiere de canales iónicos y transporte activo en membranas (Schroeder y Hedrich, 1989), se permite la disminución del potencial osmótico incrementando la presión de turgencia de las células oclusivas, lo cual modifica la apertura del poro estomático (Ludlow *et al.*, 1985; Handa *et al.* 1986). Por su parte, Caballero-Pérez *et al.*, (2011) demostraron que los estomas en rambután no registran un cierre parcial o total durante el día ni bajo condiciones de oscuridad, lo que sugiere que ésta sea una de las consecuencias de que los frutos de rambután sean altamente perecederos. Estos estudios se relacionan con lo obtenido para los tratamientos R+P y E+A que aunque el primero presenta menor número de espiternos, éstos son de mayor tamaño lo que podría sugerir que hay una mayor densidad estomática que aumenta la superficie de contacto con el ambiente, dado que el oscurecimiento del pericarpio se observa más temprano durante la vida de anaquel.

Con lo mencionado anteriormente los resultados demuestran que en los frutos de rambután sometidos a estrés hídrico, el oscurecimiento del pericarpio inicia un día después que los que tuvieron riego constante, sometidos a una temperatura de $30^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa entre 80-90 %, y aunque la actividad de enzimas como la polifenol oxidasa (PPO) se ha asociado con la degradación de antocianinas y otros compuestos fenólicos (Mathew y Parpia, 1971), se asume que la PPO descompone las antocianinas en frutos de litchi y rambután y que a través de este mecanismo se genera el pardeamiento del pericarpio (Akamine, 1960).

De esta manera con base en los resultados podríamos sugerir que los frutos de rambután sometidos a déficit hídrico poseen una cantidad mayor de solutos en el fruto que les permite aumentar la presión de solutos en el mismo y contrarrestar los

efectos de la presión de vapor propiciada por el ambiente, provocando que la deshidratación de la piel ocurra más gradualmente. Además estos resultados coinciden con los valores obtenidos en la variable GP. Los frutos de árboles tratados con riego, presentan menor grosor de pericarpio, mientras que los de estrés hídrico tienen un mayor grosor de la piel. De esta manera, se puede sugerir que el pericarpio juega un papel importante en la pérdida de agua y en los procesos fisiológicos que ocurren después de la cosecha, que obstaculizan su comercialización por la corta vida de anaquel que presentan los frutos de rambután.

Cuadro 6. Vida de anaquel en frutos de rambután de árboles sometidos a distintos manejos agronómicos.

TRATAMIENTO	VA (días)
R	3.20 c
R+P	3.40 c
R+A	3.93 b
R+P+A	3.13 c
E	4.93 a
E+P	4.46 a
E+A	4.73 a
E+P+A	4.56 a
CV %	15.38

Valores promedio de 30 frutos por tratamiento almacenados a 30°C ± 3 y 80-90% de Humedad relativa. R= Riego, E = Estrés hídrico, P= Poda y A= Anillado. VA= Vida de anaquel. Valores con las mismas letras en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey P ≤ 0.05).

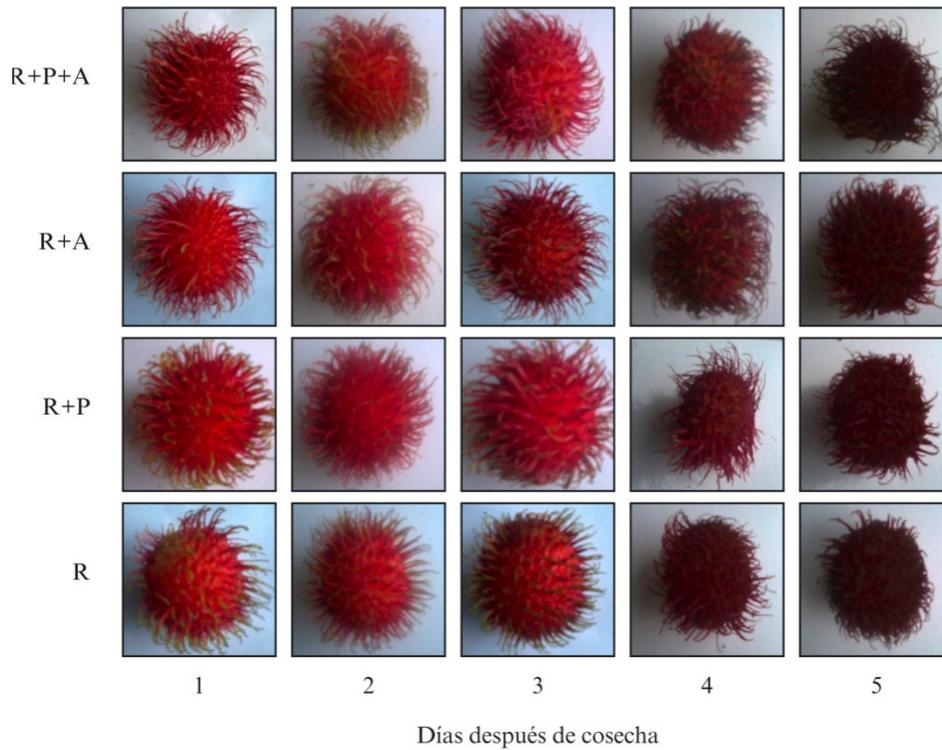


Fig. 16 a. Oscurecimiento del pericarpio en frutos de rambután sometidos a distintos manejos agronómicos, almacenados a $30^{\circ}\text{C} \pm 3$ y 80-90% de Humedad relativa. R= Riego, P= Poda y A= Anillado.

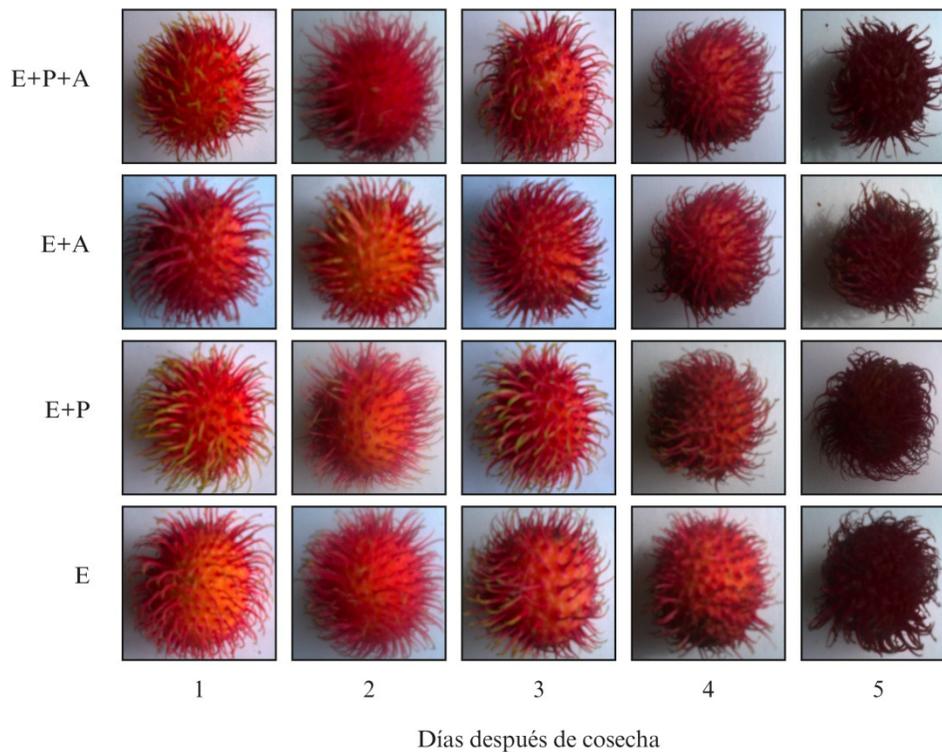


Fig. 16 b. Oscurecimiento del pericarpio en frutos de rambután sometidos a distintos manejos agronómicos, almacenados a $30^{\circ}\text{C} \pm 3$ y 80-90% de Humedad relativa. E= Estrés hídrico, P= Poda y A= Anillado.

4.2.2. Pérdida de longitud y diámetro del fruto (PL y PD)

Se determinó el tamaño del fruto con las variables longitud y diámetro de los frutos iniciales, así como a los 5 días de almacenamiento (Cuadro 7). Los resultados muestran que la forma del fruto fue ovalada en todos los tratamientos evaluados.

Hubo diferencias significativas entre los tratamientos de estrés hídrico y riego constante en cuanto a la pérdida del tamaño, los primeros presentan una reducción de hasta 10.76 % de la longitud y 12.43 % del diámetro del fruto, mientras que en los tratamientos con riego constante se pierde hasta 12.97 % de la longitud y 16.31 % del diámetro. En general no existen estos parámetros reportados en la literatura ya que la pérdida de tamaño se relaciona directamente con la pérdida de peso, como medida de la pérdida de agua (Wells y Bagshaw, 1989).

Cuadro 7. Pérdida de tamaño en frutos de rambután sometidos a diferentes manejos agronómicos.

TRATAMIENTO	Tamaño inicial del fruto (cm)		Tamaño final del fruto (cm)		Pérdida del tamaño del fruto (%)	
	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro
R	4.16b	3.66 bc	3.72 bc	3.17 bc	10.5	13.38
R+P	3.70c	3.31 e	3.22 d	2.77 d	12.97	16.31
R+A	4.21b	3.73 ab	3.83 b	3.30 b	9.02	11.52
R+P+A	4.03b	3.54 bc	3.58 c	3.15 bc	11.11	13.46
E	4.55a	3.91 a	4.06 a	3.51 a	10.76	10.23
E+P	4.10b	3.52 cd	3.4b c	3.13 bc	8.78	11.07
E+A	4.0b	3.45 de	3.60 c	3.02 c	10	12.43
E+P+A	4.12b	3.52 dc	3.72 cb	3.10 c	9.7	11.93
CV %	6.34	6.55	7.35	7.85		

Resultados del promedio de 30 frutos por tratamiento. R= Riego, E = Estrés Hídrico, P= Poda y A= Anillado. Valores con las mismas letras de la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey P ≤ 0.05).

4.2.3. Pérdida de peso

La pérdida de peso en frutos de rambután después de la cosecha se observa de manera gradual y constante dado que se pierde hasta 7 % del peso de los frutos diariamente dependiendo las condiciones de temperatura y humedad a la que se encuentran sometidos (Landrigan *et al.*, 1996). Las figuras 17 y 18 representan la pérdida de peso en frutos de rambután que fueron sometidos a los distintos manejos agronómicos, siendo los frutos obtenidos de los tratamientos con estrés hídrico y sus respectivas combinaciones con poda y anillado los que tuvieron una mayor resistencia a la pérdida del mismo, hasta 38 % en el caso de estrés hídrico con poda y 33 % sólo con deficiencia de riego. Por otra parte, los frutos de árboles sometidos a riego constante disiparon hasta 43 % de su peso durante los 5 días de almacenamiento, a temperatura y humedad relativa variables; $30^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ y 80-90 %, respectivamente.

Van den Berg (1987), menciona que la pérdida de peso es una medida de la pérdida de agua en los frutos de rambután, lo que además lleva a una disminución de la textura y apariencia de los mismos. Estos numerosos cambios físicos y fisiológicos se combinan para dar lugar a la pérdida total de la calidad y vida de anaquel.

Landrigan *et al.* (1996), encontraron que la mayor pérdida de peso (23 %) en rambután se produce a los seis días después de la cosecha a 22°C y 95 % de humedad relativa. Nuestros resultados muestran que la pérdida es mucho mayor; sin embargo, los frutos estuvieron sometidos a una temperatura promedio de 30°C

y si bien la humedad relativa fue alta (80-90 %) ésta fue variable durante los 5 días de almacenamiento.

Se sabe que la pérdida de peso en rambután y litchi está estrechamente relacionada con la deshidratación del fruto (Landrigan *et al.*, 1996; Kaewchana *et al.*, 2006), que ocurre principalmente a través de los estomas, por lo que la transpiración se reduce significativamente con el almacenamiento a baja temperatura y con alta humedad relativa (Landrigan *et al.*, 1994).

El efecto del contenido de agua en la pérdida de humedad también se aplica a frutos recién cosechados. Por ejemplo, la pérdida de humedad se acelera por la poca resistencia que opone la piel del fruto al movimiento del vapor de agua, a las corrientes de aire, temperaturas cálidas, baja humedad relativa y los gradientes de temperatura que se dan entre el aire y el fruto. De esta manera la desecación es un riesgo constante durante todo el cultivo, principalmente después de la cosecha que lleva a pérdidas sustanciales.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Burdon y Clark (2001) en donde demuestra en cultivos de Kiwi bien hidratados durante la cosecha muestran una pérdida postcosecha de agua más rápido que los frutos que habían sido sometidos a estrés hídrico durante su cultivo.

Además, los valores obtenidos de la pérdida del tamaño del fruto, también se relacionan con el oscurecimiento del pericarpio así como con la pérdida de peso, ya que los frutos de los tratamientos con estrés hídrico disminuyen menos su diámetro y longitud que los sometidos a riego, lo que coincide con los resultados reportados por otros autores como Liang *et al.* (1998) que demuestran que el oscurecimiento del pericarpio es proporcional a la pérdida de peso (Figs. 17 y 18).

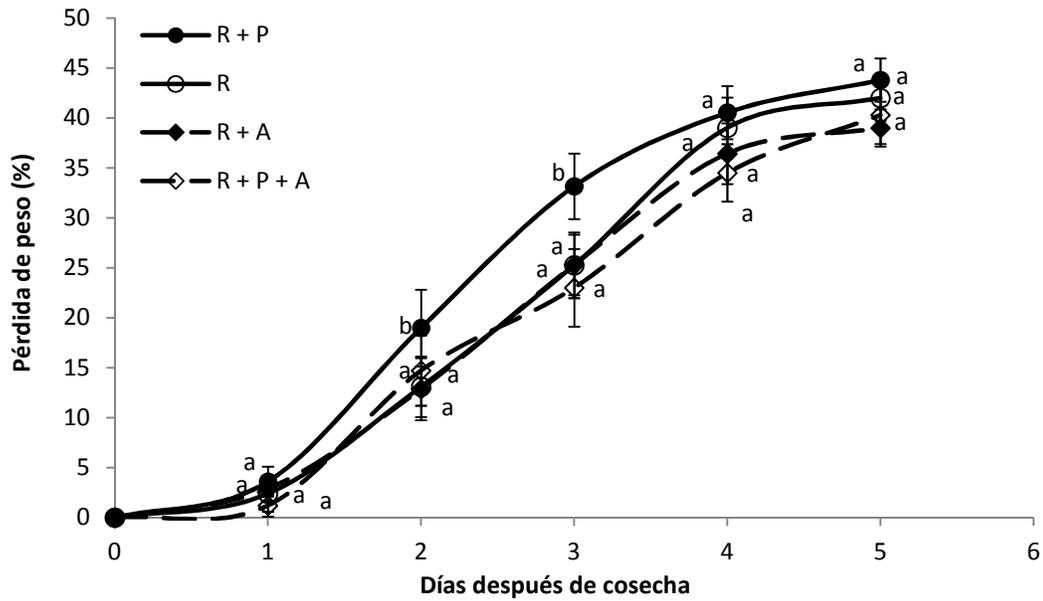


Fig. 17. Pérdida de peso en frutos de rambután sometidos a diferentes manejos agronómicos. R = Riego, P= Poda, A= Anillado. Valores con las mismas letras de la misma serie son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$).

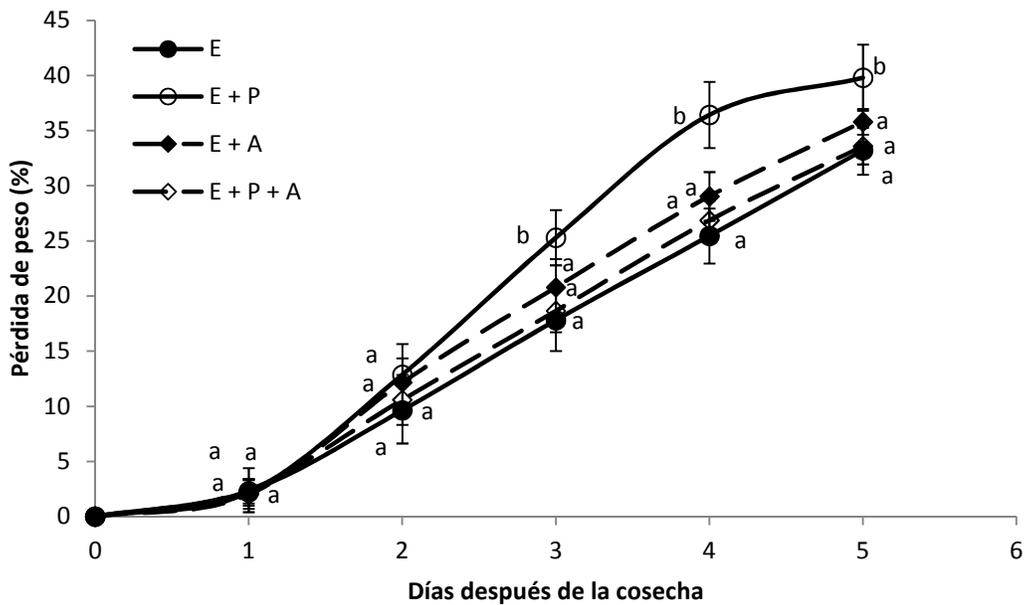


Fig. 18. Pérdida de peso en frutos de rambután sometidos a diferentes manejos agronómicos. E= Estrés Hídrico, P= Poda, A= Anillado. Valores con las mismas letras de la misma serie son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$).

4.3. Composición bioquímica

El rambután es un fruto que se distingue por su sabor dulce, pulpa jugosa y alto contenido de vitamina C, y aunque para el consumidor los atributos que confieren calidad a los frutos son principalmente el aspecto visual (tamaño, color, forma, firmeza, etc.), aroma y sabor (Wills *et al.*, 1981), los estándares internacionales establecidos en el Codex Norm for Rambután 246-2005 indican: un color rojo uniforme, peso superior a 30 g y un contenido de sólidos solubles totales de 16 a 18 % para considerar un fruto de calidad comercial (Landrigan *et al.*, 1996; Codex Alimentarius, 2005).

De esta manera el estudio de la composición bioquímica en los frutos cultivados de rambután es importante para que tengan una mejor aceptación en los mercados nacionales e internacionales con base en la calidad de la fruta.

Cuadro 8. Composición bioquímica de frutos de rambután de árboles sometidos a distintos manejos agronómicos.

TRATAMIENTO	SST* (°BRIX)	AzT** (mg·100g ⁻¹)	AT** (%)	VC** (mg·100g ⁻¹)	FT** (mg·100g ⁻¹)
R	19.25 bc	246.66 cd	0.417 b	13.90 b	1.39 c
R+P	18.41 c	203.13 d	0.296 cd	19.43 b	1.39 c
R+A	19.80 bc	234.16 cd	0.379 bc	17.13 b	1.42 c
R+P+A	18.88 bc	189.90 d	0.577 a	12.68 b	1.22 c
E	22.62 a	372.46 ab	0.306 bc	37.79 a	2.31 a
E+P	20.48 b	307.28 bc	0.355 bc	12.63 b	1.85 b
E+A	21.39 a	423.93 a	0.196 d	39.90 a	2.33 a
E+P+A	20.33 b	343.60 ab	0.27 c	14.23 b	1.98 b
CV %	8.31	30.54	15.87	29.28	6.49

*Valores promedio de 15 frutos por tratamiento.

** Valores promedio de 5 repeticiones de 6 frutos por tratamiento. R= Riego, E = Estrés Hídrico, P= Poda y A= Anillado, SST = Sólidos Solubles Totales, AzT = Azúcares totales, AT = Acidez titulable, VC = Vitamina

C, FT = Fenoles totales y CV = Coeficiente de variación. Valores con las mismas letras de la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey P ≤ 0.05).

4.3.1. Sólidos solubles totales (SST)

La cantidad de sólidos solubles totales (SST) tuvo diferencias significativas entre los tratamientos de riego constante y algunos con estrés hídrico e incluso entre las combinaciones con otras prácticas agronómicas (Cuadro 8, Fig. 19). Los resultados muestran que los frutos de rambután sometidos a los tratamientos con estrés hídrico presentaron en general una mayor homogeneidad y cantidad de SST que los frutos sometidos a riego constante, oscilando entre los 20 y los 22 °BRIX, mientras que los de riego presentaron entre los 18 y 19 °BRIX en el primer grupo. Los tratamientos en los que se detectó una cantidad mayor, fueron E y E+ P, mientras que el de menor concentración fue el de R+P como ya se ha mencionado en anteriores resultados, dicho tratamiento se ve muy reducido en cuanto a su calidad.

Se sabe que a medida que el fruto madura en el árbol, hay un incremento en la cantidad de SST (Mendoza *et al.*, 1972), por lo que se ha propuesto, que el fruto cosechado demasiado pronto resulta ácido y con falta de dulzura, mientras que una cosecha tardía el fruto puede ser muy suave (Wanichkul y Kosiyachinda, 1982).

En general, dependiendo del cultivar, los frutos tienen una concentración de SST en el intervalo de 17-21 % en la madurez de cosecha (Kosiyachinda *et al.*, 1987), aunque en algunas variedades como “Lebakbulus”, los SST pueden alcanzar 24 °BRIX (Lye *et al.*, 1987). La cantidad de sólidos solubles totales es uno de los principales índices tomados en cuenta para la aceptación de los frutos, por lo que los árboles de rambután sometidos a estrés hídrico presentan esta característica deseable para su exportación.

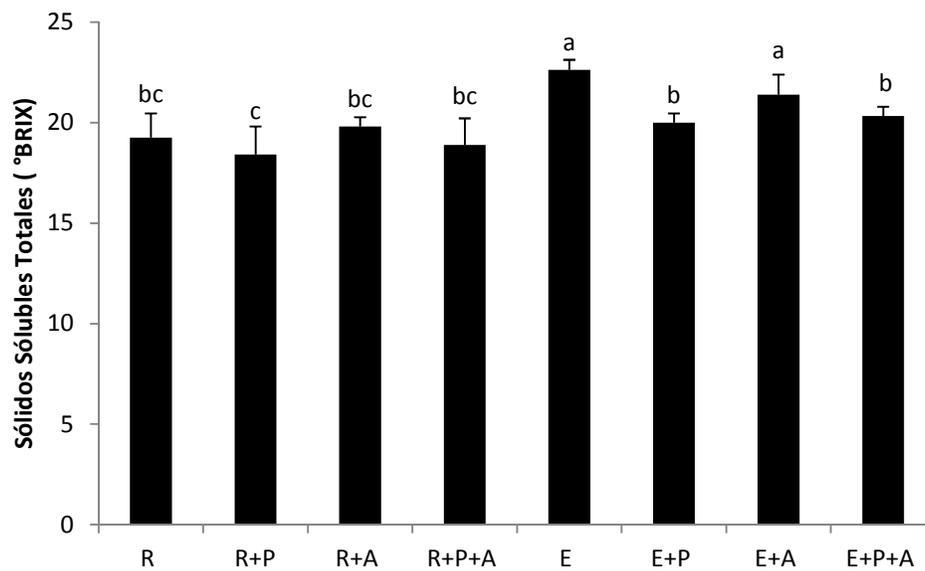


Fig. 19. Sólidos solubles totales en frutos de rambután sometidos a distintos manejos agronómicos R= Riego, E= Estrés hídrico, P= Poda y A= Anillado. Resultados de 15 frutos por tratamiento. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$).

4.3.2. Azúcares totales (AzT)

La variable azúcares totales en los frutos de rambután tuvo diferencias significativas para los tratamientos con estrés hídrico, oscilando entre los 343.60 a 423.93 mg·100g⁻¹, mientras que los frutos sometidos a riego constante presentaron menor cantidad de azúcares totales en el rango de 189.90 a 246.66 mg·100g⁻¹ (Cuadro 8, Fig. 20). En los diferentes manejos de los árboles tratados con riego constante, hubo diferencias en los tratamientos R+P y R+P+A en los que se determinaron la menor cantidad de azúcares totales en los frutos: 203.13 y 189.90 mg·100g⁻¹, respectivamente; sin embargo, estas observaciones fueron similares a otras reportadas en rambután “Rong Rien” (Paull y Chen, 1987), donde el contenido de azúcares totales fue de 201 mg·100g⁻¹ al momento de la cosecha. Además, los frutos de rambután sometidos a E+P presentaron más del doble del contenido de azúcares totales. Estos resultados coinciden con trabajos reportados por Dry *et al.* (2001) quienes demostraron que la técnica del riego deficitario controlado tiene efecto positivo en la calidad de cultivos de uva para la producción de vino, ya que se controla el tamaño de la baya y se incrementa el contenido de solutos en el fruto que los hacen producir un vino de mejor calidad.

El estrés hídrico en frutales tropicales como la manzana y durazno, ha resultado en la inducción, regulación de la época, intensidad, duración y distribución de la floración y cosecha (Davenport, 2000). En rambután no se había descrito que el manejo agronómico tuviera impacto sobre la calidad de los frutos, principalmente en la cantidad de azúcares presentes en los frutos, que es una de las características muy deseable para el consumidor.

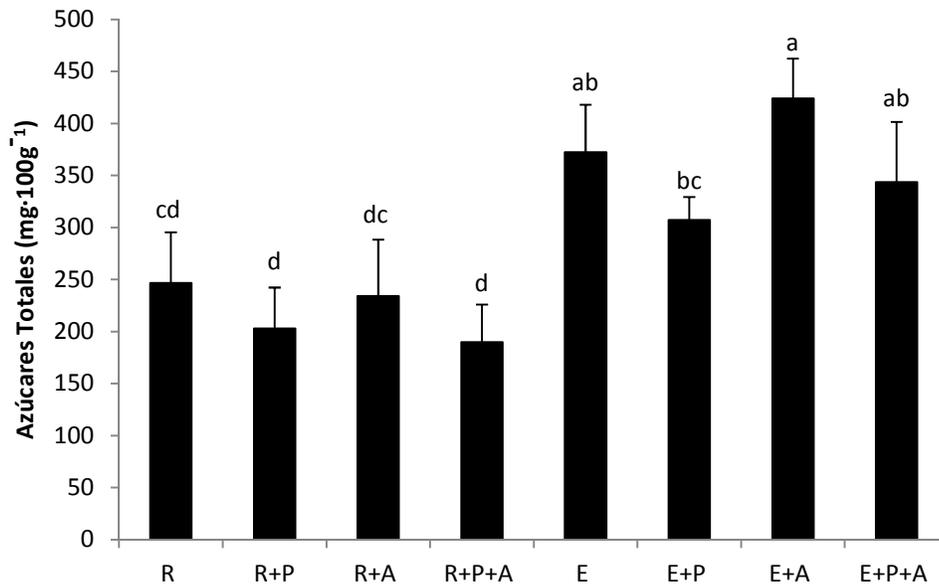


Fig. 20. Azúcares totales en frutos de rambután sometidos a distintos manejos agronómicos al punto de cosecha. R= Riego, E= Estrés hídrico, P= Poda y A= Anillado. Resultados de 5 repeticiones de 6 frutos por repetición por tratamiento. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$).

4.3.3. Acidez titulable (AT)

En los lugares de origen, la clasificación de los cultivares de rambután se ha realizado con base en características de producción (Tindall, 1994), y aunque las características más sobresalientes son la forma y tamaño del fruto, otros investigadores han seleccionado los cultivares con base en la determinación de azúcares, sólidos solubles totales y acidez titulable al momento en que el fruto alcanza la madurez de consumo (Lee y Leong 1982). Se sabe que a medida que la fruta madura en el árbol, la acidez titulable (AT) disminuye (Mendoza *et al*, 1972; Lee y Leong 1982; Wanichkul y Kosiyachinda 1982). Por consiguiente, los frutos cosechados demasiado pronto son ácidos y les falta dulzura, mientras que la fruta cosechada demasiado tarde puede ser muy suave.

En esta variable hubo diferencias significativas entre algunos tratamientos con riego constante y de estrés hídrico. La mayor diferencia se observó entre el de R+P+A y E+A con 0.577 y 0.196 % de AT, respectivamente (Cuadro 8, Fig. 21). En los demás tratamientos la acidez titulable fue entre 0.27 a 0.41 %, similar a lo reportado en rambután cv. "Rong Rein", donde la acidez titulable fue de 0.3-0.4 % (Harjadi y Tahitoe, 1992).

Nuestros resultados demuestran que existe un efecto conjunto entre el estrés hídrico y el anillado sobre esta variable, ya que los frutos sometidos a dicho tratamiento presentan una acidez titulable mucho menor. En general las prácticas agronómicas como el anillado se ha reportado en cultivos de litchi y cítricos para inducir la floración, anticipando la diferenciación floral debido a la interrupción del floema en la planta, acumulando carbohidratos (Rivas *et al.*, 2006), por lo que es probable que esa acumulación de azúcares promueva que la concentración de

ácido málico (ácido que se encuentra en mayor proporción en los frutos de rambután) (Harjadi y Tahitoe, 1992) se disminuya debido a la dulzura del fruto, aspecto que no se había reportado con anterioridad en rambután.

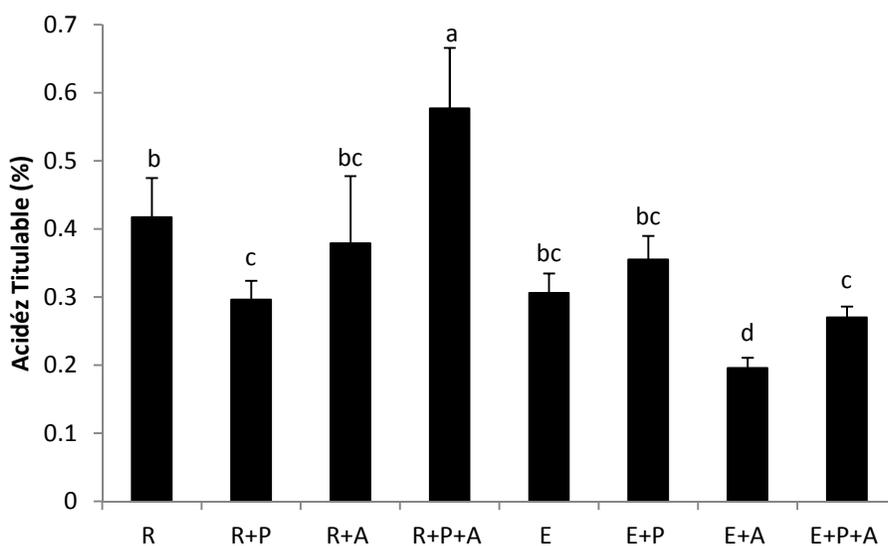


Fig. 21. Acidez titulable en frutos de rambután sometidos a distintos manejos agronómicos al punto de cosecha. R= Riego, E= Estrés hídrico, P= Poda y A= Anillado. Resultados de 5 repeticiones de 6 frutos por repetición por tratamiento. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$).

4.3.4. Vitamina C (VC)

El contenido de vitamina C tuvo algunas diferencias entre los frutos sometidos a riego constante y estrés hídrico (Cuadro 8, Fig. 22). Los frutos de los tratamientos con riego constante oscilaron en el contenido de ácido ascórbico entre 12.68 a 19.43 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$, al igual que los frutos de los tratamientos E+P y E+P+A con 12.63 y 14.23 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$, respectivamente. Sin embargo, en los frutos del tratamiento con estrés, pero sin poda y sin anillado, se determinaron 37.79 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ y en el de estrés sin poda la concentración de ácido ascórbico en la fruta fresca fue de 39.90 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$. En general, los resultados para la cantidad de vitamina C en los frutos de rambután fueron bajos. Al respecto se ha reportado el contenido de ácido ascórbico para diferentes cultivares como “R9” con 22.02 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ que es uno de los que se ha caracterizado entre los cultivares con contenido de vitamina C más bajo. Adicionalmente cultivares como “Jitlee” y “Rongrien” que poseen mayor contenido a niveles de 38.12 y 39.34 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$, respectivamente (Wall, 2006). Estos últimos concuerdan con los resultados aquí obtenidos ya que los frutos sometidos a estrés hídrico y combinado con anillado demostraron tener una concentración de vitamina C similar a los cultivares anteriormente mencionados.

En general los frutos de rambután son apreciados por su alto contenido en vitamina C (Pérez y Jürgen, 2004), no obstante, dicho contenido en los frutos frescos se ve afectado durante su almacenamiento y transporte al lugar de comercialización (Siriphollakul *et al.*, 2006), por lo que se han empleado diferentes empaques y atmósferas modificadas para conservar por más tiempo sus cualidades fisicoquímicas. Por ejemplo, su empaque en bolsas de polietileno con 0, 1 o 2

perforaciones ha ayudado a mantener la cantidad de vitamina C durante 10 días (Srialong *et al.*, 2002).

Además se ha demostrado que incluso dentro de un cultivar, existen diferencias en cuanto a la composición química de los frutos cosechados en un mismo campo (Shewfelt, 1993), por lo que estas prácticas agronómicas podrían ayudar a homogenizar los cultivos.

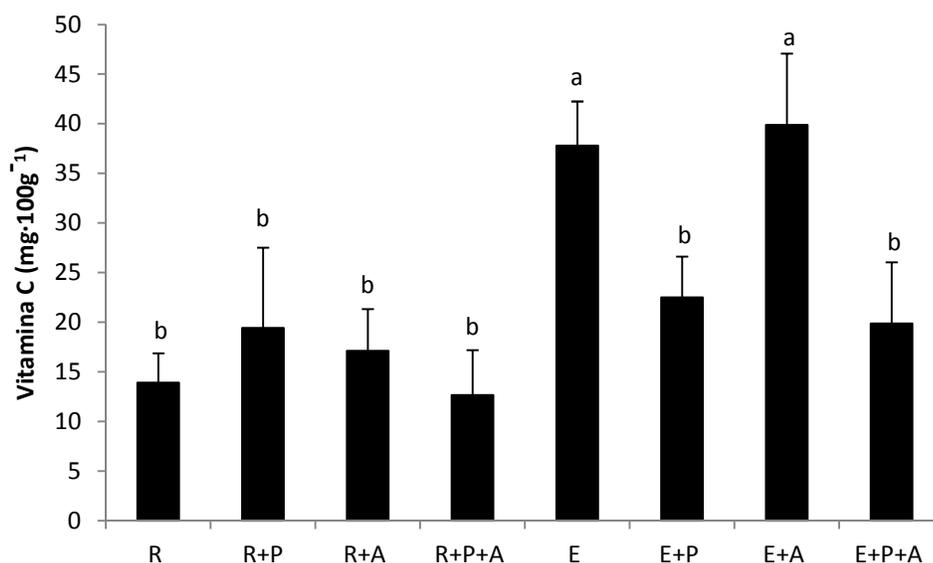


Fig. 22. Contenido de Vitamina C en frutos de rambután sometidos a distintos manejos agronómicos al punto de cosecha. R= Riego, E= Estrés hídrico, P= Poda y A= Anillado. Resultados de 5 repeticiones de 6 frutos por repetición por tratamiento. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$).

4.3.5. Fenoles totales (FT)

La cantidad de fenoles totales tuvo diferencias significativas en los tratamientos con estrés hídrico y con riego constante (Cuadro 8, Fig. 23). Los tratamientos sometidos a riego constante presentaron una cantidad de fenoles totales de 1.22 a 1.42 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$, mientras que en los frutos tratados con estrés hídrico y con sus respectivas combinaciones con poda y anillado se determinaron entre 1.85 y 2.33 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de fenoles totales. Nuestros resultados concuerdan con lo reportado por Gorinstein *et al.*, (1999), donde demuestra que la cantidad de fenoles totales en frutos de rambután var. "Rongrien" fue de 1.66 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$. Sin embargo, los frutos sometidos a E y E+P resultaron tener casi el doble de fenoles totales. En general se ha mencionado que el oscurecimiento del pericarpio puede ser debido a la actividad de enzimas como peroxidasa y polifenol oxidasa, ya que catalizan la oxidación de fenoles a quinonas, las cuales se polimerizan para formar pigmentos cafés (Mayer y Harel, 1979) resultado de una gran deshidratación del tejido provocado por la salida de humedad a través de los estomas, que en su mayoría permanecen abiertos en el fruto (Mayer y Harel, 1979). La enzima peroxidasa es también capaz de oxidar compuestos fenólicos a quinonas y requiere la presencia de peróxido de hidrógeno (Bucheli y Robinson, 1994). Nuestros resultados contrastan con lo mencionado anteriormente, ya que los frutos de rambután que estuvieron sometidos a estrés hídrico mostraron mayor vida de anaquel, observándose el oscurecimiento del pericarpio un día después que los frutos de árboles irrigados (Cuadro 6, Figs. 16 a y b). Sin embargo, no se determinaron fenoles del pericarpio por lo que con esta investigación sólo es posible sugerir que

el oscurecimiento del pericarpio está influenciado por características morfológicas y fisiológicas de la epidermis y su interacción con el ambiente.

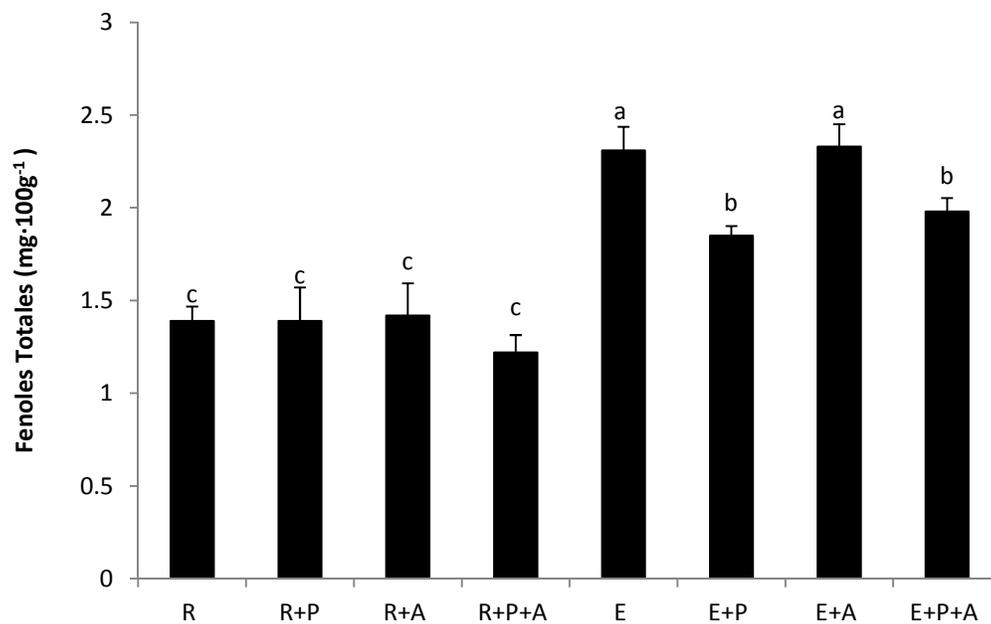


Fig. 23. Fenoles totales en frutos de rambután sometidos a distintos manejos agronómicos al punto de cosecha. R= Riego, E= Estrés Hídrico, P= Poda y A= Anillado. Resultados de 5 repeticiones de 6 frutos por repetición por tratamiento. Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$).

V. CONCLUSIONES

1. El déficit hídrico en árboles de rambután promueve la obtención de frutos de mayor tamaño, así como un incremento en la cantidad de arilo, que es la parte comestible del fruto.
2. El estrés hídrico en árboles de rambután durante su cultivo prolonga la vida de anaquel del fruto y retarda el oscurecimiento del pericarpio, aun cuando el número y tamaño de los espiternos es similar al de los frutos sometidos a riego constante.
3. Los frutos de árboles de rambután sometidos a riego constante, sufren una mayor pérdida de peso durante su vida de anaquel y resultan más susceptibles a la oxidación del pericarpio.
4. Los frutos de las variedades “Criollas” de rambután evaluados, tienen un patrón de coloración rojo-naranja, forma oval, número y coloración del espiterno variable, lo que muestra la heterogeneidad del cultivo de la zona de producción.
5. Los frutos de rambután tratados con riego constante durante su cultivo y en combinación con poda y anillado pierden entre 9.02-12.97 % y 11.52-16.31 % de la longitud y el diámetro respectivamente, después de 5 días de almacenamiento a 30 ± 3 °C y HR de 80-90 %, mientras que cuando son sometidos a estrés hídrico, la pérdida es de entre 8.78-0.76 % y 10.23-12.43 %, respectivamente.

6. El estrés hídrico en combinación con la práctica del anillado, producen en los frutos de rambután la mayor cantidad de sólidos solubles totales ($>20^{\circ}\text{Brix}$), que es uno de los principales parámetros químicos de calidad de este frutal.
7. Los frutos de árboles tratados con riego constante durante su cultivo tienen una concentración de AzT ($189.90 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) y una acidez de (0.577%), mientras que los frutos sometidos a estrés hídrico elevan su cantidad de AzT ($307.28\text{-} 423.93 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) y disminuyen su acidez de (0.196%).
8. Las prácticas agronómicas como el estrés hídrico en combinación con el anillado en árboles de rambután, producen frutos con mayor contenido de Vitamina C ($39.90 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$), en comparación con los frutos de árboles que fueron irrigados constantemente ($19.43 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$).
9. La cantidad de fenoles totales se incrementa en frutos de árboles de rambután bajo estrés hídrico ($2.33 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$), en comparación con los irrigados durante todo el ciclo de cultivo ($1.42 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$). Esta práctica de déficit hídrico en combinación con el anillado, también resulta en un incremento del tamaño y vida de anaquel y en general de la composición química de los frutos de rambután, características importantes dentro de los estándares de calidad para la exportación de este fruto.

VI. LITERATURA CITADA

- Akamine, E.K. 1960.** Preventing the darkening of fresh lychees prepared for export. Bulletin, Hawaii Agriculture Experimental Station, 127: 3-17.
- Aharoni, N., S. Ben-Yehoshua y A.E. Richmond. 1975.** Effects of water stress upon ethylene and endogenous content of abscisic acid and gibberellins in detached lettuce leaves (*Lactuca sativa* L.) Israel Journal of Botany, 24: 55.
- Almeyada, N., S.E. Mab y F.W. Martin. 1979.** The rambutan. Citrus Sub-Trop. Fruit J., 544: 10-12.
- Anónimo. 2004.** Compendio sobre las frutas tropicales. FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 16 p.
- AOAC. 1990.** Association of Official Analytic Chemists. William Horwitz (ed.) 12th edition. Washington, D. C., USA. 1094 p.
- Bagshaw, J. 1995.** Development of an "in-store" dispenser system. In 'Lychee Postharvest Handling and Marketing, Final Report 94/95'. RIRDC. pp. 104-108.
- Ben-Yehoshua, S. 1987.** Transpiration, water stress and gas exchange, pp. 113-70. In: J. Weichmann (ed.). Postharvest physiology of vegetables. Marcel Dekker, New York. 350 p.
- Bucheli, C.S. y S.P. Robinson. 1994.** Contribution of enzymatic browning to colour in sugarcane juice. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 42: 257-261.
- Burdon, J. y C. Clark. 2001.** Effect of postharvest water loss on 'Hayward' kiwifruit water status. Postharvest Biology and Technology, 22(3): 215-225.
- Caballero-Pérez, J. F., Avendaño-Arrazate, C.H., L. Arévalo-Galarza y A. Sandoval-Esquivez. 2010.** El rambután un cultivo con amplio potencial de explotación en el sur de México. Agroproductividad, 2: 9-17.
- Caballero-Pérez, J.F., M.L. Arévalo-Galarza, C.H. Avendaño-Arrazate, J. Cadena-Iñiguez, G. Valdovinos-Ponce y J.F. Aguirre-Medina. 2011.** Cambios físicos y bioquímicos durante el desarrollo y senescencia de frutos

- de rambután (*Nephelium lappaceum* L.). Revista Chapingo Serie Horticultura, 17(1): 31-38.
- Chen, W.J. y Q.Z. Hong. 1992.** A study on the senescence and browning in the pericarp of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) during storage. Acta Horticulturae Sinica, 19(3): 227-232.
- CODEX ALIMENTARIOUS. 2005.** Standard for Rambutan 246-005. Disponible en: http://www.codexalimentarius.net/web/standard_list.do?lang=en. Consultado el 5 de julio del 2012.
- Crane, J., F. Zee, G. Bender, B. Faber, B. Brunner y C. Chia. 2005.** Commercial Sapindaceus fruit production. Acta Horticulture, Wageningen, 665: 93-101.
- Davies, W.J., G. Kudoyarova y W. Hartung. 2005.** Long-distance ABA signaling and its relation to other signaling pathways in the detection of soil drying and the mediation of the plant's response to drought. Journal of Plant Growth Regulators, 24: 285-295.
- Davenport, T.L. 2000.** Processes Influencing Floral Initiation and Bloom: the Role of Phytohormones in a Conceptual Flowering Model. Hort. Technology, 10(4): 733-739.
- Delabarre, Y. 1989.** Synthèse bibliographique sur le ramboutan ou litchi chevelu (*Nephelium lappaceum* L). Fruits, 44(1): 33-44.
- Denna, D.W. 1970.** Transpiration of the waxy bloom in *Brassica oleracea* L. Australian Journal of Biological Science, 23: 27-31.
- Devon, Z. y A. Kader. 1988.** Modified atmosphere packaging of fresh produce. Food Technology, 42: 70-77.
- Dry, P.R., B.R. Loveys, M.G. McCarthy y M. Stoll. 2001.** Strategic irrigation management in Australian vineyards. J. Int. Sci. Vigne Vin, 35: 129-139.
- Faire, V.G. 1999.** Informe Técnico del Campo Experimental Rosaio Izapa. CIRPS-INIFAP-SAGDR. Campo Experimental Rosario Izapa. Tuxtla Chico, Chiapas, México. 34 p.
- Fraire, V.G. 2001.** El Rambután: Alternativa para la producción frutícola del trópico húmedo de México. Folleto técnico No. 1. CIRPS-INIFAP. Campo Experimental Rosario Izapa. Tuxtla Chico, Chiapas, México. 36 p.

- Farungsang, U., S. Sangchote y N. Farungsang. 1992.** Appearance of quiescent fruit rot fungi on rambutan stored at 13°C and 25°C. *Acta Horticulturae*, 321: 903-907.
- Ferreya, E.R. y V.G. Selles. 1997.** Efecto del estrés hídrico durante la fase II de crecimiento del fruto del Durazno cv. kakamas, en el rendimiento y estado hídrico de las plantas. Instituto de Investigacion Agropecuaria. Chile. 32: 110-113.
- Fortuna, T.C. y P.T. Ramos. 1983.** Chemical Changes in Ripening Rambutan (*Nephilium lappaceum* L.) Fruits, [Philippines], Philipp-Agric. Laguna: College of Agriculture and Central Experiment Station, 66 (2): 151-155.
- Gil, P. M., E. Sergent y F. Leal. 2000.** Efecto de la poda sobre variables reproductivas y de calidad en mango. *Biagro*, 10(1):18-23.
- Goren, R. y S.P. Monselise. 1971.** Effects of ringing on yields of low-bearing orange trees (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). *J. Hort. Sci.*, 46: 435-441.
- Gorinstein S., M. Zemser, R. Harvenkit, R. Chuthakorn, F. Graver, O. Martin-Belloso y S. Trakhetenborg. 1999.** Comparative content of total polyphenols and dietary fiber in tropical fruits and persimmon. *J. Nutr. Biochem.*, 10: 367-371.
- Handa, S., A.K. Handa, P.M. Hasegawa y R.A. Bressan. 1986.** Proline accumulation and the adaptation of cultured plant cells to water stress. *Plant Physiology*, 80: 935-945.
- Harjadi, S. y D. Tahitoe. 1992.** The effects of plastic film bags at low temperature storage on prolonging the shelf-life of rambutan (*Nephelium lappaceum*) cv Lebak Bulus. *Acta Horticulturae*, 321: 778-781.
- Harsh, N. 2003.** Accumulation of osmolytes and osmotic adjustment in water-stressed wheat (*Triticum aestivum*) and maize (*Zea mays*) as affected by calcium and its antagonists. *Environment Experimental of Botany*, 50: 253-264.
- Hernandez-Arenas, M.G. 2010.** Caracterización cualitativa de frutos de Rambután (*Nephilium lappaceum* L.), almacenamiento postcosecha y patógenos asociados. Tesis Doctoral. Colegio de Posgraduados. 60 p.

- Hiranpradit, H.; Paiboonrat, P., Chandraparnik, S., Jantrajoo, S. 1992.** Quality standardization of rambutan (*Nephelium lappaceum* L.). Acta Horticulture, Wageningen, 321:708-712.
- Huang, H. y J. Xu. 1983.** The developmental patterns of fruit tissues and their correlative relationships in *Litchi chinensis* Sonn. Scientia Horticulturae, 19: 335-342.
- Huang, H. 2002.** Unfruitfulness of young litchi trees in relation to their peculiar root behaviour. Acta Horticulturae, 575: 737-743.
- Huang, X.M., W.Q. Yuan, H.C. Wang, J.G. Li, H.B. Huang, L. Shi y Y. Jinhua. 2004.** Linking cracking resistance and fruit desiccation rate to pericarp structure in litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 79: 897-905.
- IPGRI. 2003.** Descriptors for Rambutan (*Nephelium lappaceum*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 55 p.
- Jiang, Y.M., S.X. Liu, F. Chen, Y.B. Li y D.L. Zhang. 1997.** The control of postharvest browning of litchi fruit by sodium bisulphite and hydrochloric acid. Tropical Science, 37(3): 189-192.
- Jiang, Y.M. 2000.** Role of anthocyanins, polyphenol oxidase and phenols in lychee pericarp browning. Journal of the Science of Food and Agriculture, 80(3): 305-310.
- Kader, A.A. 1985.** Ethylene-induced senescence and physiological disorders in harvested horticultural crops. HortScience, 20: 54-57.
- Kader, A.A. 2001.** Quality assurance of harvested horticultural perishables. Acta Horticulture, 553: 51-55.
- Kaewchana, R., W. Niyomlao y S. Kanlayanarat. 2006.** Relative humidity influences pericarp browning of litchi cv. "Hong Huay". Acta Horticulturae, 712: 823-827.
- Ketsa, S. y O. Klaewkasetkorn. 1992.** Postharvest quality and losses of "Rongrein" rambutan fruits in markets. Acta Horticulture, Wageningen, 321: 771-777.

- Kilili, A.W., M.H. Behboudian y T.M. Mills. 1996.** Postharvest performance of 'Braeburn' apples in relation to withholding irrigation at different stages of the growing season. *Journal of Horticultural Science*, 71: 693-701.
- Kobkiat, S., K. Lueangpraset y J. Uthaibutra. 2006.** Control of Enzymatic Browning of Harvested 'Hong Huay' Litchi Fruit with Hot Water and Oxalic Acid Dips. *ScienceAsia*, 32: 345-350.
- Kosiyachinda, S., P.F. Lam, Jr.D.B. Mendoza, W. Broto y K. Wanichkul. 1987.** Maturity indices for harvesting of rambutan, pp. 32-37. *In: Rambutan: Fruit Development, Postharvest Physiology, and Marketing in ASEAN.* Lam, P. F.; Kosiyachinda, S. (eds.). ASEAN Food Handling Bureau. Jakarta, Indonesia. 82 p.
- Kubo, Y., Y.B. Xue, A. Nakatsuka, F.M. Mathooko, A. Inaba y R. Nakamura. 2000.** Expression of a water stress-induced polygalacturonase gene in harvested cucumber fruit. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 69(3): 273-279.
- Kubota, N. y S. Kudo. 1992.** Effects of soil moisture tension on phenolic contents and astringency in peach fruits. *J. Jpn. Soc. Hortic. Sci.*, 61: 31-37.
- Lam, P.F. y S. Kosiyachinda. 1987.** *Rambutan: Fruit Development, Postharvest Physiology and Marketing in ASEAN.* ASEAN Food Handling Bureau, Kuala Lumpur. 82 p.
- Landrigan, M., V. Sarafis, S.C. Morris y W.B. McGlasson. 1994.** Structural aspects of rambutan (*Nephelium lappaceum*) fruits and their relation to postharvest browning. *Journal of Horticultural Science*, 69: 571-579.
- Landrigan, S.C., M. Morris, D. Eamus y W.B. McGlasson. 1996.** Postharvest water relationships and tissue browning of rambutan fruit. *Scientia Horticulturae*, 66: 201-208.
- Lee, S.K. y P.C. Leong. 1982.** Quality attributes of a popular rambutan variety (*Nephilium lappaceum* L. cv. Jit Lee) in Singapore. *Proceedings on the Workshop on Mango and Rambutan.* University of the Philippines at Los Baños. Philippines. pp. 113-116.

- Leong, P.C. 1982.** Summary report on mango and rambutan project in Singapore. Proceedings of the Workshop on Mango and Rambutan, University of the Philippines at Los Baños, Philippines. pp. 30-33.
- Liang, H.H., Z.L. Ji y X.Y. Huang. 1998.** Study on the techniques of package and storage for litch fruit stored in the room temperature. Journal of Fruit Science, 15(2):158-163 (Abstract).
- Littmann, M.D. 1972.** Effect of water stress on the respiratory gas exchange of banana fruit and tissue. Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences, 20: 115-130.
- Ludlow, M.M., M.J. Fisher y J.R. Wilson. 1985.** Stomatal adjustment to water deficits in three tropical grasses and a tropical legume grown in controlled conditions and in the field. Australian Journal of Plant Physiology, 12: 131-149.
- Lye, T.T., L.D.S. Laksmi, P. Maspol y S.K. Yong. 1987.** Commercial rambutan cultivars in ASEAN, pp. 9-15. *In*: Lam, P.F., Kosiyachinda S. (eds.). Rambutan: fruit development, postharvest physiology and marketing in ASEAN. ASEAN Food Handling Bureau, Kuala Lumpur, Malaysia. 286 p.
- Mathew A.G. y H.A.B. Parpia. 1971.** Food browning as a polyphenol reaction. Advances in Food Research, 19: 75-145.
- Mayer, A.M. y E. Harel. 1979.** Polyphenol oxidases in plants. Phytochemistry, 18: 193-215.
- Mendoza, D.B., E.B. Pantastico y E.B. Javier. 1972.** Storage and handling of rambutan (*Nephilium lappaceum* L.). Philippine Agriculture, 55: 322-332.
- Menzel, C., J. Bagshaw, T. Campbell, N. Greer, J. Noller, T. Olesen, G. Waite, I. Kernot, L. Chapman y P. Rigden. 2002.** Lychee Information Kit, Agrilink.
- Mitra, S.K. 2002.** Overview of lychee production in the Asia-Pacific region. *In*: Papademetriou, M.K. and Dent, F.J. (eds) Lychee Production in the AsiaPacific Region. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Bangkok, Thailand. pp. 5-13.

- Morgan, J.M. 1984.** Osmoregulation and water stress in higher plants. Annual Review of Plant Physiology, 35: 299-319.
- Morris, S. y J. Jobling. 2002.** Recent advances in the postharvest packaging and handling of tropical fruit. Acta Horticulturae, 575: 529-533.
- Morton, J. 1987.** Sapindaceae, pp. 249-269. *In*: Fruits of warm climates. Julia F. Morton, Miami, FL. 467 pp.
- O'Hare, T.J., A. Prasad y A.W. Cooke. 1994.** Low temperature and controlled atmosphere storage of rambutan. Postharvest Biology and Technology, 4: 147-157.
- Olesen, T. 2001.** Improved postharvest handling of lychee - Preliminary results from the 2000/01 season. Living Lychee, 27: 24-29.
- Ong, P.K.C., T.E. Acree y E.H. Lavin. 1998.** Characterization of Volatiles in Rambutan Fruit (*Nephelium lappaceum* L.). Journal for Agricultural Food Chemistry, 46(2): 611-615.
- Parra-Quezada, R. A., T. L. Robison, J. Osborne y L. B. Parra-Bujanda. 2008.** Efecto de carga de frutos y déficit hídrico en la calidad y producción de manzana. Revista Chapingo. Serie: Horticultura, 14(1): 49-54.
- Paull, R. E. y N. Chen. 1987.** Changes in longan and rambutan during postharvest storage. Hortscience, 22(6): 1303-1304.
- Pérez, R. A. 1994.** El cultivo de rambután. Experiencias en la región del Soconusco, Chiapas. Memoria. Tercer Congreso Estatal de Fruticultura. Gobierno del Estado de Chiapas. CEIDPHPACH. Tapachula, Chiapas. pp. 47-49.
- Pérez, R. A. y J. Pohlan. 1999.** The importance of rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) in the Soconusco. *In*: Pohlan J, Borgman J (eds). International memory on sustainable fruticulture. Talleres de Nacional Gráfica, Tapachula, Chiapas: pp. 151-156.
- Pérez, R. A. y A. Pohlan. 2004.** Prácticas de cosecha y postcosecha del rambután en el Soconusco, Chiapas, México. LEISA Revista de agroecología, 20(3): 1-5.

- Pérez, R.A. y P.A. Jürgen. 2004.** Prácticas de cosecha y poscosecha del rambután en el Soconusco, Chiapas, México. *Revista de Agroecología*, 20(4): 24-26.
- Pohlan, J. y J. Borgman. 1999.** Memoria Diplomado Internacional en Fruticultura Sostenible. Talleres de Nacional Gráfica, Tapachula, Chiapas. 259 p.
- Ramírez, T., C. Alix y A. Rafie. 2003.** Guía para la propagación del rambután en Honduras. FHIA, San Pedro Sula. 13 p.
- Rathjen, A.H. y S.P. Robinson. 1992.** Characterisation of a variegated grapevine mutant showing reduced polyphenol oxidase activity. *Austral. J. Plant Physiol.*, 19: 43-54.
- Rivas, F., Y. Erner, E. Alós, M. Juan. V. Almela y M. Agustin. 2006.** Girdling increases carbohydrate availability and fruit-set in citrus cultivars irrespective of parthenocarpic ability. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 81(2): 289-295.
- Rodríguez-Rodríguez, L.G. 2008.** Inducción de la Floración de Rambután (*Nephilium lappaceum* L.) Tesis Ing. Agr. Universidad EARTH. 42p.
- SAS. 2002.** SAS/STAT Guide for personal Computers. Version 9. SAS Institute N. C. USA. 890 p.
- SIAP-SAGARPA. 2008.** Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. www.siap.gob.mx (Consultado el 20 de Agosto, 2012).
- Schroeder, J.I. y S. Hagiwara. 1989.** Cytosolic calcium regulates ion channels in the plasma membrane of *Vicia faba* guard cells. *Nature*, 338: 427-30.
- Shewfelt, R.L. 1993.** Stress physiology: A cellular approach to quality. In 'Postharvest Handling: A Systems Approach' (Eds Shewfelt R.L. and Prussia S.E.) Academic Press Inc., San Diego. 257-276.
- Shi, J., C. Wang, X. An, J. Li y M., Zhao. 2001.** Postharvest physiology, storage and transportation of litchi fruits - a review. *Proceedings of the First International Symposium on Litchi and Longan, Guangzhou, China, 16-19 June 2000, Acta Horticulturae*, 558: 387-391.

- Siriphollakul, P., W. Niyomlao y S. Kanlayanarat. 2006.** Antitranspirants maintain freshness and improve storage life of rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) fruit. *Acta Horticulturae*, 712: 611-616.
- Smith, N. J., J. T. Williams, D.L. Pucknett y J.P. Talbot. 1992.** Tropical forest and their crops. Cornell University Press. NY, USA. 568 p.
- Srilaong, V., S. Kanlayanarat y Y. Tatsumi. 2002.** Changes in commercial quality of “Rong Rieng” rambutan in modified atmosphere packaging. *Food Science Technology Research*, 8(4): 337-341.
- Tindall, H. D. 1994.** Rambutan cultivation. FAO. Roma. 163 p.
- Tindall, H.D., U.G. Menini y A.J. Hodder. 1994.** Rambutan cultivation. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Plant production and protection paper 121. Rome, Italy. 185 p.
- Timm E.J., N.L. Schulte-Pason, G.K. Brown y C.L. Burton. 1989.** Apple impact surface effects on bruise size. *ASAE Paper*, 89: 6048.
- Underhill, S.J.R. y C. Critchley. 1993.** Physiological, biochemical and anatomical changes in lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp during storage. *Journal of Horticultural Science*, 68(3):327-335.
- Underhill, S.J.R. y D.H. Simons. 1993.** Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp desiccation and the importance of postharvest micro-cracking. *Scientia Horticulturae*, 54: 287-294.
- Van den Berg, L. 1987.** Water vapour pressure. In ‘Postharvest Physiology of Vegetables’ (Ed Weichmann J.) Dekker, New York. pp. 203-230.
- Vanderlinden, E.J.M., H.A. Jürgen y M.J.J. Janssens. 2004.** Culture and fruit quality of rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) in the Soconusco region, Chiapas, Mexico. *Fruits*, 59(5): 339-350.
- Van Welzen, P.C., A. Lamb y W.W.W. Wong. 1988.** Edible Sapindaceae in Sabah. *Nature Malaysiana*, 13: 10-25.
- Van Welzen, P.C. y E.W.M. Verheij. 1991.** *Nephelium lappaceum* L. in: *Plant Resources of South-East Asia Wageningen: Pudoc No.2. Edible fruits and nuts.* Verheij, E.W.M., Coronel, R.E. (eds.). Pudoc, Netherlands. pp. 65-75.

- Vargas, A. 2003.** Descripción morfológica y nutricional del fruto de rambután (*Nephelium lappaceum* L.). *Agronomía Mesoamericana*, 14(002): 201-206.
- Vazquez-Valdivia, V., M.H. Pérez-Barraza, J.A. Osuna-García y M.A. Urias-López. 2009.** Intensidad de poda sobre el vigor, producción y peso del fruto, del mango 'Ataulfo'. *Revista Chapingo. Serie: Horticultura* [online], 15(2). pp. 89-92
- Wall, M.M. 2006.** Ascorbic acid and mineral composition of longan (*Dimocarpus longan*), lychee (*Litchi chinensis*) and rambutan (*Nephelium lappaceum*) cultivars grown in Hawaii. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19: 655-663.
- Wanichkul, K. y S. Kosiyachinda. 1982.** Fruit development and harvesting index of rambutan (*Nephelium lappaceum* Linn.) var. Seehompoo. *Proceedings of the Workshop on Mango and Rambutan*, University of the Philippines at Los Baños, Philippines. pp. 117-124.
- Watson, B.J. 1984.** Rambután (*Nephelium lappaceum*), pp. 198-203. *In: Tropical tree fruits for Australia*. Page, P.E. (ed.). Queensland Department of Primary Industry. Horticulture Branch.
- Watson, J. 1988.** Rambutan cultivars in north Queensland. *Queensland Agricultural Journal*. pp. 37-41.
- Wells, I. y J. Bagshaw. 1989.** Handling rambutans after harvest. *Queensland Fruit Veg. News*, 2: 16-17.
- Wills, R.B., T.H. Lee, D. Graham, W. B. McGlasson y E. Hall. 1981.** Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruits and vegetables. AVI Publishing Company Inc. Westport, Conn. USA. 161 p.
- Witham, F.H., D.F. Blaydes y R.M. Devlin. 1971.** *Experiments in Plant Physiology*. Van Nostrand Reinhold C. New York, USA. 245 p.
- Wongs, A.C. y S. Kanlayanarat. 2005.** CaCl₂ applications on storage quality of rambutan. *Acta Horticulturae*, 687: 213-217.
- Yingsanga, P., V. Srilaong, y S. Kanlayanarat. 2006.** Morphological differences associated with water loss in rambután fruit "Rongrien" and "See-Chompoo". *Acta Horticulturae*, 712: 453-459.