



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
FRUTICULTURA

PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE FRUTO DE LITCHI (*Litchi chinensis* Sonn.) EN DIFERENTES CONDICIONES AGROECOLÓGICAS Y PRÁCTICAS DE MANEJO

JUAN ANTONIO SALAZAR VICENTE

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2018

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe JUAN ANTONIO SALAZAR VICENTE Alumno (a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser participe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor DR. GUILLERMO CALDERÓN ZAVALA, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE FRUTO DE LITCHI CONDICIONES AGROECOLÓGICAS Y PRÁCTICAS DE MANEJO y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre el colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 20 de Abril de 2018



Firma del
Alumno (a)


DR. GUILLERMO CALDERÓN ZAVALA

Yo. Bo. del Consejero o Director de Tesis

La presente tesis titulada: **PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE FRUTO DE LITCHI (*Litchi chinensis* Sonn.) EN DIFERENTES CONDICIONES AGROECOLÓGICAS Y PRÁCTICAS DE MANEJO** realizada por el alumno: **Juan Antonio Salazar Vicente**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD**

FRUTICULTURA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



DR. GUILLERMO CALDERÓN ZAVALA

DIRECTOR DE TESIS:



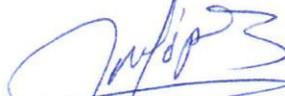
DR. ELISEO GARCÍA PÉREZ

ASESOR:



DR. PROMETEO SÁNCHEZ GARCÍA

ASESOR:



DR. ALFREDO LÓPEZ JIMÉNEZ

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Abril de 2018.

PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE FRUTO DE LITCHI (*Litchi chinensis* Sonn.) EN DIFERENTES CONDICIONES AGROECOLÓGICAS Y PRÁCTICAS DE MANEJO

**Juan Antonio Salazar Vicente, M. C.
Colegio de Postgraduados, 2018**

RESUMEN

El litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) es un árbol frutal de clima subtropical que requiere condiciones climáticas específicas para expresar sus máximos rendimientos, es un cultivo que habitualmente presenta floración heterogénea y bajo amarre de fruto. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la floración, producción y calidad de frutos de litchi en cinco huertos con diferentes condiciones edafoclimáticas y prácticas de manejo en la región norte del estado de Veracruz. El estudio fue considerado como un pseudoexperimento, y se usó el diseño de bloques al azar como diseño experimental, se registró la ubicación geográfica, la temperatura máxima y mínima, se realizó un análisis físico-químico del suelo y se registraron las prácticas de manejo. Se eligieron 10 árboles por huerto, se contabilizó el número de brotes reproductivos y vegetativos. Se registraron las siguientes variables: floración, caída de frutos, rendimiento y calidad de fruto, longitud, diámetro, firmeza, peso de fruto y componentes (pulpa, cáscara y semilla), sólidos solubles totales (SST), acidez titulable (AT), relación (SST/AT) y color de pericarpio en pureza de color (Chroma) y tono de ángulo ($^{\circ}$ Hue). Se encontraron diferencias significativas para las variables evaluadas en las huertas. La altitud de las huertas varió de 7 a 340 msnm, las temperaturas mínimas variaron de 16.70 a 21.30 $^{\circ}$ C, lo que influyó visiblemente en la respuesta y época de floración, las huertas Martínez y el Piñal presentaron la mayor floración (71.92 y 71.76 % respectivamente), en comparación a Tuxpan que presentó la menor (64.92 %), sin embargo, esta última tuvo el mejor rendimiento (6.3 t ha⁻¹) y San Andrés el menor con 4.8 t ha⁻¹. Para la calidad de fruto Lechuguillas fue superior en tamaño de fruto y firmeza de fruto. Se concluye que huerta de Tuxpan obtiene el mejor rendimiento y Lechuguillas bajo un manejo orgánico obtiene las mejores características de calidad, cabe destacar que todas las huertas cumplen con el tamaño de fruta para exportación.

Palabras clave: *Litchi chinensis*, floración, rendimiento, temperatura, calidad de fruto.

**PRODUCTION AND QUALITY OF FRUIT OF (*Litchi chinensis* Sonn.) IN
DIFFERENT AGROECOLOGICAL CONDITIONS AND MANAGEMENT
PRACTICES**

**Juan Antonio Salazar Vicente, M. en C.
Colegio de Postgraduados, 2018**

ABSTRACT

The litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) is a subtropical fruit tree that requires specific climatic conditions to express its maximum yields, it is a crop that usually presents heterogeneous flowering and low fruit set. The objective of this work was to evaluate the flowering, production and quality of litchi fruits in five orchards with different edaphoclimatic conditions and management practices in the northern region of the state of Veracruz. The study was considered as a pseudoexperiment, and a random block design was used as an experimental design, geographical location, maximum and minimum temperature were recorded, a physical-chemical soil analysis was carried out and management practices were recorded. Ten trees were chosen per orchard, the number of reproductive and vegetative shoots was counted. The following variables were recorded: flowering, fruit fall, yield and fruit quality, length, diameter, firmness, weight of fruit and components (pulp, husk and seed), total soluble solids (SST), titratable acidity (AT), ratio (SST / AT) and pericarp color in color purity (Chroma) and angle tone (Hue). Significant differences were found for the variables evaluated in the gardens. The altitude of the orchards varied from 7 to 340 m, the minimum temperatures varied from 16.70 ° C to 21.30 ° C, which visibly influenced the response and flowering time, the orchards Martínez and Piñal had the highest flowering 71.92 and 71.76 % respectively, compared to Tuxpan, which presented the lowest (64.92%), however, the latter had the best performance (6.3 t ha⁻¹) and San Andrés the lowest with 4.8 t ha⁻¹. For fruit quality, Lechuguillas was superior in fruit size and fruit firmness. It is concluded that Huerta de Tuxpan obtains the best yield and Lechuguillas under organic management obtains the best quality characteristics, it should be noted that all orchards comply with the size of fruit for export.

Key words: *Litchi chinensis*, flowering, yield, temperature, fruit quality.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a **DIOS** por darme la dicha de vivir cada momento de mi vida en plenitud y por cuidarme, enseñarme y guiarme por el buen camino.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (**CONACYT**), por el apoyo brindado en el financiamiento de mis estudios de Maestría.

Al Colegio de Postgraduados, Programa en Recursos Genéticos y Productividad, Fruticultura, por permitir seguir formándome como un profesional en la fruticultura.

Al **Dr. Eliseo García Pérez**, por haberme brindado la oportunidad de trabajar con él, por su tiempo, comprensión, paciencia, apoyo, consejos, además por hacerme crecer como profesionista y como persona, pero sobre todo por su confianza y amistad.

Al **Dr. Guillermo Calderón Zavala**, por aceptarme como profesor consejero, por contar con él, por su apoyo en todo momento, por sus regaños, consejos, por la oportunidad de terminar un postgrado, pero sobre todo por su amistad y carácter.

A los integrantes del Consejo Particular

A los Dres.: **Eliseo García Pérez, Guillermo Calderón Zavala, Alfredo López Jiménez y Prometeo Sánchez García.**

Por sus contribuciones y apoyo brindado en la realización de esta tesis.

De igual manera quiero agradecer a todos los productores y personas que brindaron el apoyo para que este proyecto se llevara a cabo.

DEDICATORIA

Existen muchas personas a quien quisiera agradecer su amistad, compañía, apoyo y confianza en todas las etapas de mi vida, por lo cual sin importar en donde estén ahora o si alguna vez llegan a leer estas dedicatorias quiero agradecerles infinitamente por formar parte de mi vida, por todas las cosas y enseñanzas que me han brindado y por todas sus bendiciones hacia mi persona.

Dedicación especial por este logro a:

Mamá y Papá. María Dolores y Germán, gracias por su apoyo incondicional y la confianza que tienen depositada en mí, nunca me cansaré de dar gracias a dios por haberme dado la dicha de ser su hijo, gracias por entenderme y estar siempre disponibles cuando les necesito.

A mis hermanas: Cecilia, Jessica y Melissa, gracias por estar siempre conmigo y apoyarme incondicionalmente en todos mis proyectos, las amo.

A mis hermanos: Germán, Jorge, gracias por formar parte de mi vida y estar siempre conmigo en las buenas, en las malas y apoyarme siempre, los quiero.

A todas mis amigas y amigos sin excluir alguno (a), pero en especial a: Candy, Viri, Karlita, Anahí, Adriana, Fátima, Fernanda, Migue, Noé, Luis, Chucho, Ángel, Richie, Jesús, Manuelito, Iván, Uriel, Garrido, Enrique, Antonio, Joshua, Fritz, Efraín y Navarrete, gracias por todos los momentos que compartimos, por todo su apoyo y en especial su amistad.

A la familia Chávez García. muchas gracias por todo, ya que siempre he contado con su apoyo incondicional y su valiosa compañía.

A mi novia Victoria, por estar ahí en cada momento, por no faltar en las buenas y en las malas, por ser mi apoyo incondicional, gracias.

A todos los profesores que, a lo largo de mi vida, han aportado valiosas palabras y enseñanzas, ya que de alguna manera formaron parte de lo que soy ahora.

Al más especial de todos, *a ti Dios por* todas las bendiciones: por cuidar de mi vida, por permitirme respirar, caminar, escuchar, ver y hablar; por mi familia, por mi hogar, por la salud de mi familia y de quienes nos rodean. Por brindarme las fuerzas para seguir adelante día con día.

CONTENIDO

| | |
|---|-------------|
| RESUMEN | iv |
| ABSTRACT | v |
| LISTA DE CUADROS..... | xii |
| LISTA DE FIGURAS..... | xiii |
| CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. Planteamiento del problema | 3 |
| 1.2. Objetivo general..... | 4 |
| 1.2.1. Objetivos particulares | 4 |
| 1.3. Hipótesis | 4 |
| 1.3.1. Hipótesis particulares | 4 |
| CAPITULO II. REVISIÓN DE LITERATURA | 5 |
| 2.1. Antecedentes del cultivo | 5 |
| 2.2. Origen y descripción botánica del cultivo | 6 |
| 2.2.1. Árbol..... | 7 |
| 2.3. Producción mundial | 12 |
| 2.3.1. Producción nacional | 13 |
| 2.3.2 Producción estatal y valor de la producción | 15 |
| 2.4. Cultivares | 16 |
| 2.5. Requerimientos del cultivo | 17 |
| 2.5.1. Requerimientos edáficos | 18 |
| 2.6. Fenología del cultivo | 19 |
| 2.6.1. Desarrollo de la floración | 19 |
| 2.6.2. Iniciación floral | 19 |
| 2.6.3. Diferenciación de panículas | 20 |
| 2.6.4. Crecimiento de la panícula | 23 |
| 2.6.5. Requerimientos para floración | 23 |
| 2.6.6. Desarrollo del fruto..... | 24 |
| 2.7. Manejo del cultivo | 25 |
| 2.7.1. Propagación | 25 |
| 2.7.2. Podas..... | 26 |

| | |
|--|-----------|
| 2.7.3. Riego..... | 27 |
| 2.7.4. Fertilización..... | 28 |
| 2.7.5. Plagas y enfermedades..... | 30 |
| 2.8. Cosecha..... | 31 |
| 2.9. Calidad de fruto..... | 32 |
| 2.10. LITERATURA CITADA..... | 33 |
| CAPÍTULO III. PRODUCCIÓN DE LITCHI (<i>Litchi chinensis</i> Soon.) EN DIFERENTES CONDICIONES AGROECOLÓGICAS Y DE MANEJO EN LA REGIÓN NORTE DE VERACRUZ, MÉXICO..... | 38 |
| 3.1. INTRODUCCIÓN..... | 41 |
| 3.2. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 42 |
| 3.2.1. Ubicación de zonas de estudio..... | 42 |
| 3.2.2. Material vegetal..... | 42 |
| 3.2.3. Temperaturas y precipitación pluvial..... | 42 |
| 3.2.4. Análisis de suelo..... | 43 |
| 3.3. Diseño experimental..... | 43 |
| 3.4. Variables evaluadas..... | 43 |
| 3.4.1. Características de brotes vegetativos y reproductivos..... | 43 |
| 3.4.2. Porcentaje de floración..... | 43 |
| 3.4.3. Amarre de frutos..... | 44 |
| 3.4.4. Producción y rendimiento..... | 44 |
| 3.4.5. Manejo del cultivo..... | 44 |
| 3.5. Análisis de datos..... | 44 |
| 3.6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 45 |
| 3.6.1. Características de brotes..... | 46 |
| 3.6.2. Porcentaje de floración..... | 47 |
| 3.6.3. Amarre de fruto y porcentaje de caída..... | 49 |
| 3.6.4. Producción y rendimiento..... | 50 |
| 3.6.5. Manejo del cultivo..... | 51 |
| 3.6.6. Análisis de Suelo..... | 53 |

| | |
|--|-----------|
| 3.7. CONCLUSIONES..... | 55 |
| 3.8. LITERATURA CITADA..... | 56 |
| CAPÍTULO IV. CALIDAD DE FRUTOS DE LITCHI CV. MAURITIUS EN DIFERENTES CONDICIONES AGROECOLÓGICAS Y DE MANEJO, EN VERACRUZ, MEXICO..... | 59 |
| 4.1. INTRODUCCIÓN..... | 61 |
| 4.2. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 64 |
| 4.2.1. Material Vegetal..... | 64 |
| 4.2.2. Toma de muestra..... | 65 |
| 4.2.3. Tamaño..... | 65 |
| 4.2.4. Peso..... | 65 |
| 4.2.5. Peso de cascara, semilla y pulpa..... | 65 |
| 4.2.6. Firmeza..... | 66 |
| 4.2.7. Color..... | 66 |
| 4.2.8. Acidez titulable..... | 66 |
| 4.2.9. Contenido de sólidos solubles totales..... | 67 |
| 4.2.10. Relación SST/AT o índice de madurez..... | 67 |
| 4.2.11. Análisis de datos..... | 67 |
| 4.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 67 |
| 4.3.1. Características físicas del fruto..... | 67 |
| 4.3.2. Componentes del fruto..... | 69 |
| 4.3.3. Parámetros de calidad del fruto..... | 72 |
| 4.4. CONCLUSIONES..... | 76 |
| 4.5. LITERATURA CITADA..... | 77 |
| 4.6. ANEXOS..... | 80 |

LISTA DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Principales diferencias en el tipo de flor que se encuentra en una inflorescencia. | 9 |
| Cuadro 2. Producción de litchi en México en los años 2010-2015..... | 14 |
| Cuadro 3. Principales estados productores de litchi en México..... | 14 |
| Cuadro 4. Superficie y producción de litchi en Veracruz (Años 2010-2015)..... | 15 |
| Cuadro 5. Principales municipios productores de litchi en el estado de Veracruz. | 16 |
| Cuadro 6. Ubicación geográfica, temperaturas, precipitación pluvial y altitud de cinco huertos del litchi. | 46 |
| Cuadro 7. Características de brotes en arboles de litchi en cinco localidades. | 47 |
| Cuadro 8. Manejo del cultivo de litchi en cinco huertas del estado de Veracruz en el año 2016. | 53 |
| Cuadro 9. Características físicas y químicas del suelo en cinco huertas de litchi en el estado de Veracruz, año 2016..... | 55 |
| Cuadro 10. Municipios de las huertas seleccionadas, cultivar y ubicación geográfica (datos tomados con GPS) y manejo del cultivo..... | 65 |
| Cuadro 11. Características físicas del fruto de litchi, cv. Mauritius en cinco huertas en diferentes localidades en el estado de Veracruz, 2015..... | 68 |
| Cuadro 12. Características físicas del fruto de litchi, Cv. Mauritius en cinco huertas en diferentes localidades en el estado de Veracruz, 2016..... | 69 |
| Cuadro 13. Características físicas y químicas del fruto de litchi Cv. Mauritius en cinco huertas en el estado de Veracruz, 2015..... | 73 |
| Cuadro 14. Características físicas y químicas del fruto de litchi Cv. Mauritius en cinco huertas en el estado de Veracruz, 2016..... | 75 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Árbol de litchi en plena producción, 12 años de edad del cultivar Mauritius..... | 7 |
| Figura 2. Proceso de maduración de una hoja de litchi del cultivar Mauritius. | 8 |
| Figura 3. Cultivar Mauritius: 1) Flor masculina 2) flor femenina 3) Flor hermafrodita. | 9 |
| Figura 4. Frutos de litchi en madurez comercial del cultivar Mauritius en el estado de Veracruz..... | 11 |
| Figura 5. Árbol de litchi de 10 años de edad, cultivar Mauritius, en plena floración. | 22 |
| Figura 6. Floración y brotes vegetativos, en arboles de litchi, en cinco huertas con diferentes condiciones agroecológicas, año 2016. | 48 |
| Figura 7. Amarre inicial, medio y final de frutos litchi del cultivar Mauritius. | 50 |
| Figura 8. Rendimiento estimado y real de árboles de litchi cv. Mauritius en el año 2016 | 51 |
| Figura 9. Proporción pulpa, semilla, cáscara (%), en frutos de litchi Cv. Mauritius, en cinco localidades en el estado de Veracruz, 2015..... | 70 |
| Figura 10. Proporción de pulpa, semilla, cáscara (%), en frutos de litchi Cv. Mauritius, en cinco localidades en el estado de Veracruz, 2016..... | 71 |

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) pertenece a la familia *Sapindaceae*, que comprende por lo menos 125 géneros y 2,000 especies, distribuidos en las zonas tropicales y subtropicales del mundo (Mitra y Pathak, 2010). La producción de litchi a nivel mundial se estimó en 2.6 millones de toneladas para el 2015 (FAO, 2015), siendo China el principal productor, seguido por la India, Tailandia Vietnam (Mitra y Pathak, 2010). Debido a la corta vida postcosecha y a la naturaleza altamente perecedera del fruto, provoca el exceso de oferta de temporada, debido a que el mercado es en fresco, conforme aumenta el periodo de cosecha el precio disminuye de manera considerable (Cong, 2011), el precio promedio a nivel internacional oscila entre \$ 71.85 y \$ 72.00 (ODEPA, 2014) y en México se ofrece al público entre \$ 15.00 y \$ 20.00 (SIAP, 2014).

El litchi es un frutal subtropical que presenta dos principales limitantes. La primera limitante corresponde a la poca uniformidad en periodos de floración, la cual se asocia con diversos factores, como son, altas temperaturas, niveles endógenos de reguladores de crecimiento y nutrición del cultivo. Mayor brotación floral se ha obtenido con aplicaciones exógenas de citocininas, pero los resultados no han sido consistentes, lo cual pudiera estar relacionado con el estado fisiológico de los brotes de yemas al momento de aplicación, el tipo de regulador, la concentración y la época de aplicación. La segunda limitante es el bajo amarre de frutos, el cual generalmente no supera el 4 %. El mecanismo de amarre de frutos se desconoce, pero en algunos frutales se induce con aplicaciones exógenas de reguladores de crecimiento (Jiang y Fu, 1999).

La fruticultura se ve afectada de manera directa por los bajos precios que alcanzan las cosechas de los cultivos tradicionales, en zonas rurales del estado de Veracruz los cultivos de mayor importancia económica son café, coco, caña de azúcar, maíz, cítricos (naranja, mandarina, toronja, limón), mango y papaya, por mencionar algunos. Ante esta problemática, se han buscado alternativas de diversificación de cultivos entre las que se encuentra la producción de frutales exóticos, como el litchi, aunque en México el cultivo es relativamente nuevo, en los últimos años el cultivo ha tenido un incremento significativo, siendo Veracruz el estado con la mayor superficie plantada con (1,720.75 hectáreas) y un rendimiento medio de 5.57 t ha⁻¹ y una producción de 18,271.88 toneladas (SIAP, 2015).

El factor genético y las condiciones ambientales desempeñan un papel importante en el desarrollo y calidad del fruto (Tyas *et al.*, 1998). Los parámetros de calidad de los frutos de litchi se dividen en externos e internos. Los externos incluyen principalmente el color de la cascara, que es uno de los atributos más importantes de calidad en este fruto, tamaño, peso; además que esté libre de daños mecánicos, pudriciones y agrietamientos (Sivakumar y Korsten, 2006), los parámetros internos incluyen el tamaño de la semilla, sólidos solubles totales (SST), acidez titulable (AT) y la relación SST/AT.

Debido a la gran demanda de la fruta en los mercados internacionales, principalmente USA, la exigencia para la comercialización cada año va en aumento, por lo que se debe tener un cultivo con alta productividad, calidad y menor incidencia de patógenos, así como una producción inocua desde el campo, utilizando sistemas de producción que no afecten a la planta y fruto durante su desarrollo. Lamentablemente para el estado de Veracruz existen pocas investigaciones sobre evaluación de parámetros de calidad del litchi, mismos que juegan un papel importante en la aceptación del consumidor; y claramente, son considerados en el potencial de comercialización en el mercado nacional e internacional.

Por lo tanto, el objetivo principal de esta investigación consistió en evaluar la floración, producción y calidad del fruto de litchi, en huertos con condiciones edafoclimáticas contrastantes y diferentes prácticas de manejo en la región norte del estado de Veracruz.

1.1. Planteamiento del problema

Para solucionar un problema en campo, se debe entender lo que sucede en el ambiente agrometeorológico donde se desarrolla el cultivo, además de las condiciones que le favorecen y cuales limitan el crecimiento y desarrollo de los árboles. El litchi es una especie que requiere condiciones edafoclimáticas específicas, el rango de temperatura en las que esta especie crece está comprendido entre 20 y 35 °C, situándose el óptimo a los 25 °C. Temperaturas bajas en otoño e invierno entre los 7.9 y 17.1 °C junto con un déficit de humedad previa a la iniciación floral son fundamentales para inducir brotes florales en el cultivo (García y Martins, 2006). La baja producción y la pérdida de la calidad de fruto en postcosecha son causadas por un escaso conocimiento del cultivo y asesoría técnica inadecuada para su manejo.

De acuerdo a la producción del cultivo, esta depende de las interacciones entre las condiciones edafoclimáticas y prácticas de manejo que en conjunto dan como resultado un desarrollo eficaz del cultivo produciendo frutos de la más alta calidad.

1.2. Objetivo general

Evaluar la floración, producción y calidad de frutos de litchi en cinco huertos con diferentes condiciones edafoclimáticas y prácticas de manejo en la región norte del estado de Veracruz.

1.2.1. Objetivos particulares

- Evaluar floración, fructificación y producción en cinco huertos contrastantes en diferentes condiciones edáficas y climáticas.
- Evaluar la características físicas y químicas del fruto de litchi en el cultivar Mauritius en relación a condiciones edafoclimáticas contrastantes.
- Contrastar diferentes técnicas de manejo del cultivo de litchi y su influencia en la producción.

1.3. Hipótesis

La floración, producción y calidad de fruto de litchi depende de las condiciones edafoclimáticas donde se desarrolla el cultivar y el manejo agronómico que se realice en la región norte del estado de Veracruz.

1.3.1. Hipótesis particulares

- Las prácticas de manejo agronómico y las condiciones climáticas de la región del cultivo de litchi influyen directamente en la producción y rendimiento.
- La floración depende de las condiciones edáficas y climáticas de la región productora.
- La calidad del fruto de litchi dependerá de la relación genotipo-ambiente, del manejo y de las condiciones edafoclimáticas de la región productora.

CAPITULO II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes del cultivo

En México, las condiciones climáticas del trópico y subtropico permiten el desarrollo de una amplia gama de especies, en las regiones frutícolas del estado de Veracruz (García, 1988), destacando algunos cultivos económicamente importantes: café, caña de azúcar, algunos cítricos (limón, naranja) maíz, mango, papaya por mencionar algunos. Sin embargo, las variaciones en los precios de venta normalmente se encuentran en situaciones difíciles por ende los altos costos de producción y eso ha ocasionado que el productor busque nuevas alternativas que le sean más rentables y les generen mejores ingresos, motivo por el cual se interesaron a buscar alternativas de diversificación (cultivos no tradicionales) ya que estas especies tienen un potencial para ser explotadas a gran escala debido a que poseen una gran adaptabilidad al medio ambiente, por ejemplo: Maracuyá (*Passifora edulis* Sims), Rambután (*Nephelium lappaceum* L.), Longan (*Dimocarpus longan* Lour.), Kiwi (*Actinidia delisiosa*), Mangostán (*Garcinia mangostana* L.), Macadamia (*Macadamia integrifolia*), Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.), entre otros (Parra y Sepúlveda, 1986).

El cultivo de litchi fue introducido a México a principios del siglo XX (ASERCA, 2004). Sin embargo, es hasta las décadas de los 70 y 80's que se establecen las primeras plantaciones comerciales; en 1996 se reportó su cultivo en Sinaloa, Veracruz, Chiapas, Oaxaca, Jalisco y Baja California Sur (De la Garza y Cruz, 2001). Del año 2000 al 2015 se presentó un aumento considerable en la superficie sembrada de 748 a 3,338 hectáreas (SIAP, 2015), sobresaliendo los estados de Veracruz, San Luis Potosí, Oaxaca y Sinaloa. En los terrenos del campo experimental Huichihuayan, ubicado en el Municipio de Huehuetlán, S. L. P. (en la Huasteca Potosina), se introdujo en 1964 estableciéndose una huerta de 400 árboles, procedentes del

estado de Sinaloa (De la Garza, 2003). El aumento significativo de la superficie plantada del cultivo se debe a la alta demanda del mercado internacional, siendo Estados Unidos, Canadá, Japón, China y la Unión Europea países que importan este fruto (Osuna *et al.*, 2008).

En la actualidad se puede encontrar este frutal en los estados de Puebla, Nayarit, Sinaloa, San Luis Potosí y Veracruz (Rindermann *et al.*, 2001; De la Garza, 2003); en estos estados el cultivo ha demostrado una amplia aceptación de la población, tomando en cuenta que éste no alcanza a cubrir la demanda nacional; por esta razón cuando se llega a encontrar en el mercado, fuera de las regiones productoras, este alcanza precios atractivos para el productor. Hoy en día México podría satisfacer la demanda de litchi, ya sea del mercado nacional o del continente, considerando tener más interés para generar o recopilar información sobre la producción y manejo de esta especie; la cual ha sido considerada como una de las frutas más deliciosas que existen en el mundo. En el estado de Veracruz se cuenta con una superficie de 3,738 hectáreas sembradas. Los cultivares predominantes son Mauritius y Brewster, que presentan requerimientos semejantes y por tanto florecen en la misma época del año, aunque la producción se extiende desde el mes de abril a junio, siendo Oaxaca quien pondera y abre el mercado en comparación con Sinaloa y Nayarit quienes inician la cosecha al final.

2.2. Origen y descripción botánica del cultivo

El litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) es un árbol subtropical cuyo centro de origen es el sur de China, entre los 23° y 27° de Latitud Norte, específicamente en la Provincia de Guangdong. Perteneció a la familia Sapindaceae, que comprende cerca de 170 géneros y 2,000 especies (Carvalho y Salamão, 2000). El área de origen puede extenderse al norte de Indochina, donde el litchi ha sido encontrado en forma silvestre, en el bosque del Monte Bavi a una altitud de 250 msnm. (Galán, 1972).

2.2.1. Árbol

El litchi es un árbol subtropical perenne y de lento crecimiento (Paull, 2011), alcanza los 10-12 metros de altura, aunque se reportan ejemplares de más de 20m (Zhang, 1997). El árbol tiende a formar copa redonda, densa, compacta y simétrica, presenta un intenso color verde, en época de producción se observa el contraste intenso del brillo rojo de sus frutos. El tronco es grueso, recto y corto, la corteza tiene un color marrón o café oscuro. El árbol genera ramas bajas las cuales se deben podar para facilitar el manejo, la vida productiva del arboles es relativamente larga, dependiendo del cuidado y de las condiciones agroclimáticas (Galán, 1990; Menzel y Simpson, 2002). Acorde a Menzel (1991), un árbol joven de 4 años produce 1-1.4 kg de fruta, de 8 años produce de 35-55 kg mientras que uno de 12 años tiene una producción media anual de 100 kg de fruta ver figura 1.



Figura 1. Árbol de litchi del cultivar Mauritius en plena producción con 12 años de edad.

Las hojas de litchi de los nuevos flujos vegetativos, son anaranjados o rojo cobrizo, acentuando el carácter llamativo del árbol, dependiendo de cada variedad en etapa de

crecimiento pueden observarse desde un verde blanquecino rosa a rojo y rápidamente verde oscuro a grisáceo y una vez que entren en madurez adquieren un verde brillante (Figura 2). Se disponen en forma alterna; son pinnadas con un número variable de folíolos que va de 3, 5, 7 a 9, son de forma puntiaguda, elípticas oblongas a lanceoladas y miden de 5 a 7.5 cm de largo. La emisión de brotes comienza a la mitad del verano después de la cosecha y continúa hasta la floración en primavera. Una segunda brotación puede darse entre primavera y verano en ramas que no florecieron (Galán y Menini, 1987).



Figura 2. Proceso de maduración de una hoja de litchi del cultivar Mauritius.

Las flores aparecen en panículas terminales o subterminales; son pequeñas de color amarillo-verdoso con cáliz de cuatro a cinco sépalos amarillos y carecen de corola, miden de 3 y 5 mm de diámetro, 7-12 mm de longitud y tiene un pedicelo de 6 mm de largo, poseen cáliz de 4-5 sépalos cortos y dentados, carece de pétalos (Galán,1990), se reconocen tres tipos de flores (Cuadro 1): estaminadas, con ocho estambres y un disco central que representa el pistilo, hermafroditas que funcionan como estaminadas, en que el estigma no se abre y las anteras producen polen, en el último grupo suele haber diferencia entre la longitud de los estambres y son estrictamente masculinas. Los tres tipos de flores (Figura 3) descritos pueden aparecer

en la misma inflorescencia en etapas sucesivas, aunque en el orden en que se abren parece variar con la localidad, cultivar y aun entre un árbol y otro.

Cuadro 1. Principales diferencias en el tipo de flor que se encuentra en una inflorescencia.

| TIPO DE FLOR | Pistilo | Ovario | No. de estambres | Sexo |
|--------------|-----------------------|--|---|---------------------------------------|
| I | Abortivo | Rudimentario (Sin estilo ni estigma) | 4-12 Bien desarrollados | Masculino |
| II | Pequeño pero completo | 2-4 lóculos (Cada uno con un óvulo) | 5-8 con filamentos muy cortos y poco polen viable | Femenina |
| III | Intermedio | Intermedio (Estilo y estigma rudimentario) | 6-10 Bien desarrollados | Hermafrodita funcionalmente masculina |

Fuente: Fernández-Hernández, 1998.

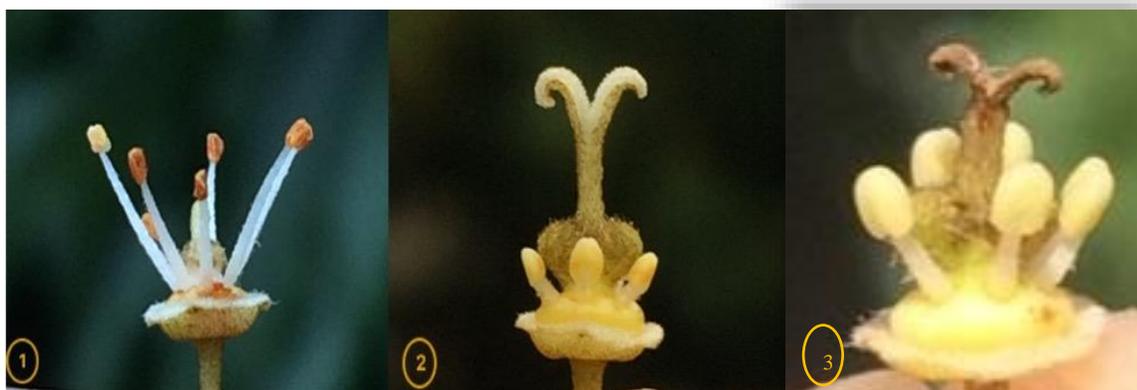


Figura 3. Cultivar Mauritius: 1) Flor masculina 2) flor femenina 3) Flor hermafrodita.

Fuente: Propia.

Las flores del tipo I. son hermafroditas, pero su función es masculina; tienen ocho estambres y el estigma no está bien desarrollado. Las del tipo II. son también hermafroditas, se comportan como femeninas: tienen un estigma bien desarrollado y estambres, pero el polen que producen es abortivo y las anteras no se abren. Las del tipo III son morfológicamente

masculinas, tienen únicamente estambres, un ovario hipertrofiado y producen mucho polen (Saúco, 1987; Fernández, 1998; Osuna *et al.*, 2008).

Usualmente, los tres tipos de flores, se abren en orden I-II-III y en cinco fases:

- Fase A - Sólo tipo I, 10 días de apertura.
- Fase B - Tipo I y tipo II, 2-3 días.
- Fase C - Sólo tipo II, 2 días.
- Fase D - Tipo II y tipo III, 2-3 días.
- Fase E - Sólo tipo III, 7-10 días.

Otros autores mencionan que el desarrollo y tipo de inflorescencias varía dependiendo del cultivar, Stern *et al.* (1993) reportaron 34, 32 y 34 % para el tipo I, II y III, respectivamente, en el cultivar Mauritius, mientras que Osuna *et al.*, (2008) reportan el porcentaje de inflorescencias del tipo (I) 70 %, (II) 19 % y (III) 11 %. Para el cultivar Brewster. Las flores del tipo I y III sólo generan polen, debido al tipo de incompatibilidad que presentan en su desarrollo y las del tipo II son las únicas que tienen la posibilidad de ser polinizadas y fecundadas y por consiguiente producir frutos (Galán, 1987; Saúco, 1987; Fernández, 1998).

Las etapas de floración antes mencionadas son influenciadas por diversos factores;

Fisiológicos, genéticos, ambos interactuando con el medio ambiente, manifiestan una secuencia cronológica y aunque estudios diversos han contribuido de manera significativa al conocimiento, aún faltan investigaciones que describan estos eventos (Osuna *et al.*, 2008).

El fruto es una drupa o fruto de hueso que puede pesar entre 12 y 25 g: es de forma redonda, ovoide, acorazonada o arrañonada; el tamaño es variable según el cultivar, pero llega a alcanzar de 3 a 5 cm de largo y 4 cm de diámetro (Menzel, 2002). Es importante que estos maduren en el árbol, para alcanzar un mejor sabor, para lo cual son necesarios de 60 a 90 días después de la floración. A medida que el fruto se desarrolla el pericarpio se diferencia en exocarpo, mesocarpo y endocarpo (Stela *et al.*, 2001). El número de frutos por racimo depende del cultivar, puede variar de 3 a 50, en el cultivar Mauritius (Figura 4) reportan 3-10 frutos por racimo (Crane *et al.*, 1998).



Figura 4. Frutos de litchi en madurez comercial del cultivar Mauritius en el estado de Veracruz.

El arilo o pulpa, la porción comestible del fruto, es de color blanco, consistente y se encuentra cubriendo una semilla (Nacif *et al.*, 2001). Al inicio del desarrollo del fruto, aparece como un anillo de tejido blanco alrededor de la base de la semilla. Su desarrollo inicial es lento y el crecimiento ocurre posterior al desarrollo de la semilla (Gazit y Stern, 2003). La curva de crecimiento del fruto es de tipo simple sigmoideal, la cual se puede dividir en dos fases: la

primera caracterizada por el crecimiento activo del pericarpio y la semilla, la segunda por un crecimiento rápido del arilo (Huang y Xu, 2005; Chamhum *et al.*, 2006).

La cubierta externa del fruto (pericarpio) es delgada, coriácea, dura y quebradiza, es verde en el fruto inmaduro y en madurez de consumo adquiere un color rojo intenso (Wang *et al.*, 2010), aunque en algunos cultivares pueden ser amarillos o rosas. Cuando el fruto comienza a secarse, la piel cambia a un color marrón oscuro y se torna mucho más quebradiza. Este proceso sucede rápidamente incluso con el fruto aun perfectamente comestible. Es una fruta altamente perecedera y delicada y su calidad puede deteriorarse rápidamente si no se almacena debidamente, especialmente en un lugar seco y fresco (Sarin *et al.*, 2009).

La semilla del fruto de litchi es brillante, color marrón oscura-café, de forma ovoide a oblonga generalmente representa aproximadamente de 10-18 % del peso del fruto, que es el orden de 10 a 35 g, según cultivares, (Galán, 1987; Menzel, 1991). El tamaño de la semilla varía según el cultivar, la mayoría de ellos tienen semillas de tamaño mediano a grande. Las semillas abortadas, “semillas lengua de pollo” son pequeñas y arrugadas, no viables y representan en este caso cerca del 4 % del peso del fruto. Los frutos con semillas abortadas son un poco más pequeños que los de semilla normal, ocupando el arilo el espacio dejado por semilla. En consecuencia, son preferidos, pues contienen una mayor proporción de pulpa (Nakasone y Paul, 1998. El cultivar Mauritius presenta el 15 % de semillas abortadas (Saúco, 1987).

2.3. Producción mundial

Según los datos más recientes, la producción mundial de lichi en 2015 fue de 2,6 millones de toneladas (Lychee Export de Vietnam - Agencia de Promoción del Comercio de Vietnam, 2015).

China es el mayor productor de litchi en el mundo seguido de India, prácticamente en todos los países de Asia se puede encontrar el litchi, pero solamente India, Taiwán, China, Tailandia, Vietnam e Israel son países productores de la fruta en fresco; Australia y África también son países de gran importancia para la exportación siendo Madagascar, Sudáfrica, Zimbabue, Mauricio y Reunión; el Centro y Norte de América con producción comercial en USA (Florida, Hawái), México, Honduras, y finalmente República Dominicana (Indian Horticulture Database, 2010; Australian Lychee Growers Association, 2014; SIAP, 2014). Durante el año 2012 el principal productor de litchi en el mundo fue China con una producción de 994,180 toneladas, seguido por India e Indonesia con una producción de 799,940 y 675,300 toneladas respectivamente. En continente asiático ocupa el primer lugar debido a que se cultiva en todos los países donde sobresale la provincia de Guandong, seguida de las provincias de Guangxi, Fujian, Hainan y Yunnan (Huang y Chen, 2008).

2.3.1. Producción nacional

Los principales países productores en América latina son: México, Honduras, República Dominicana Cuba, Honduras, Guatemala y Brasil. México, ocupa el segundo lugar en producción de latino América, para el 2010 fue de 22,529 t (FAOSTAT, 2013). En el año 2014 se reportó producción de litchi en 14 estados, de los cuales Veracruz, San Luis Potosí, Sinaloa, Puebla, Oaxaca y Nayarit, suman un total del 3561.04 ha (SIAP, 2014). Para el 2015 hubo un crecimiento del 4.7 % en superficie sembrada con 3,738.19 ha (SIAP, 2015).

En el cuadro 2 se observa la superficie plantada y cosechada, el rendimiento, precio medio rural y el valor de la producción de litchi en México en los últimos seis años. En el Cuadro 3 se pueden observar los principales estados productores de litchi en México.

Cuadro 2. Producción de litchi en México en los años 2010-2015.

| Año | Sup. Sembrada (ha) | Sup. Cosechada (ha) | Prod. (t) | Rend. (t ha⁻¹) | PMR. (\$ t⁻¹) | Valor producción (Miles de pesos) |
|------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------|----------------------------------|-------------------------------------|--|
| 2010 | 4,007 | 3,903 | 22,549 | 5.78 | 14,573 | 328,623 |
| 2011 | 3,567 | 3,301 | 15,463 | 4.68 | 16,146 | 249,693 |
| 2012 | 3,571 | 3,340 | 18,062 | 5.41 | 12,898 | 232,974 |
| 2013 | 3,738 | 3,439 | 19,888 | 5.78 | 13,161 | 261,746 |
| 2014 | 3,561 | 3,400 | 18,739 | 5.51 | 13,883 | 260,167 |
| 2015 | 3,738 | 3,469 | 18,271 | 5.27 | 15,920 | 290,898 |

Fuente: SIAP, 2015.

Cuadro 3. Principales estados productores de litchi en México.

| Estado | Sup. Sembrada (ha) | Sup. Cosechada (ha) | Prod. (t) | Rend. (t ha⁻¹) | PMR (\$ t⁻¹) | Valor producción (Miles de pesos) |
|-----------------|-----------------------------------|------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--|
| Veracruz | 1,720 | 1,570 | 9,223 | 5.87 | 12,572 | 115,962 |
| San Luis Potosí | 728 | 724 | 1,957 | 2.7 | 24,216 | 47,406 |
| Oaxaca | 464 | 406 | 1,893 | 4.66 | 24,650 | 46,676 |
| Puebla | 302 | 301 | 3,524 | 11.71 | 15,184 | 53,515 |
| Sinaloa | 226 | 226 | 732 | 3.24 | 15,848 | 11,601 |
| Nayarit | 163 | 121 | 459 | 3.79 | 20,392 | 9,362 |
| Hidalgo | 63 | 61 | 183 | 2.99 | 18,864 | 3,454 |
| Michoacán | 52 | 42 | 216 | 5.15 | 9,523 | 2,058 |

Fuente: SIAP, 2015.

2.3.2 Producción estatal y valor de la producción

En el estado de Veracruz, se reporta un incremento significativo en la superficie sembrada en los últimos años (Cuadro 4), con 1,720 ha para 2015, establecidas en 27 municipios, entre los que destacan: Papantla, Chicontepec, Tihuatlán, Álamo Temapache, Tuxpan, Misantla y Martínez de la Torre. Con un volumen de producción de 9,788 toneladas (Cuadro 4) (SIAP, 2015).

El valor de la producción de litchi es una de sus principales fortalezas, ya que en los años anteriores alcanzó precios atractivos, motivando la expansión de las áreas de cultivo. Como se muestra en los últimos años hay una tendencia al alza en los precios, se reporta un precio medio rural (PMR) de \$ 8,021.45 por tonelada para el 2007, el PMR fue de \$ 9,620.17 para el 2010 y en 2014 fue de \$ 10,727.19 por tonelada, resultando un incremento del 2 % cada tercer año (SIAP, 2014).

Cuadro 4. Superficie y producción de litchi en Veracruz (Años 2010-2015).

| Año | Sup. Sembrada (ha) | Sup. Cosechada (ha) | Prod. (t) | Rend. (t ha ⁻¹) | PMR. (\$ t ⁻¹) | Valor producción (Miles de pesos) |
|------|--------------------|---------------------|-----------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| 2010 | 1,499 | 1,499 | 8,451 | 5.64 | 9,535 | 80,597 |
| 2011 | 1,548 | 1,472 | 6,039 | 4.1 | 10,617 | 64,126 |
| 2012 | 1,639 | 1,570 | 8,407 | 5.35 | 8,424 | 70,830 |
| 2013 | 1,659 | 1,594 | 11,675 | 7.32 | 10,953 | 127,884 |
| 2014 | 1,664 | 1,615 | 9,995 | 6.19 | 9,788 | 97,839 |
| 2015 | 1,720 | 1,570 | 9,223 | 5.87 | 12,572 | 115,962 |

Fuente: SIAP, 2015.

En el cuadro 5 se puede observar que Martínez y Tuxpan tienen la mayor superficie sembrada con 749 y 674 ha respectivamente ocupando el 85 % de la producción en Veracruz, el tercer

puesto lo ocupa Pánuco reportando una superficie sembrada de 220 ha. Coyutla con apenas 20 ha reporta el PMR mas alto a comparación de Martínez, Tuxpan, Vega de Alatorre y Pánuco con \$ 14,000.00 y seguido de Vega de la Torre con un PMR de \$ 12,666.67, Tuxpan ocupa el primer sitio en rendimiento por hectárea de 9.5 t.

Cuadro 5. Principales municipios productores de litchi en el estado de Veracruz.

| Municipio | Sup. Sembrada (ha) | Sup. Cosechada (ha) | Prod. (t) | Rend. (t ha⁻¹) | PMR. (\$ t⁻¹) | Valor producción (Miles de pesos) |
|----------------------|-----------------------------------|------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--|
| Papantla | 294 | 200 | 1,300 | 6.5 | 14,000 | 18,200 |
| Chicontepec | 210 | 200 | 1,800 | 9 | 13,000 | 23,400 |
| Tihuatlán | 187 | 187 | 766 | 4.1 | 10,487 | 8,041 |
| Álamo Temapache | 178 | 176 | 512 | 2.9 | 14,000 | 7,175 |
| Pánuco | 230 | 220 | 1,970 | 8.96 | 12,741 | 25,100 |
| Castillo de Teayo | 90 | 90 | 369 | 4.1 | 10,487 | 3,870 |
| Tuxpan | 674 | 647 | 2,574 | 9.50 | 12,000 | 29,685 |
| Martínez de la Torre | 749 | 636 | 4,357 | 7.49 | 12,500 | 57,156 |
| Coyutla | 20 | 20 | 60 | 3 | 14,000 | 840 |
| Vega de Alatorre | 6 | 6 | 24 | 4 | 12,666 | 304 |

Fuente: SIAP, 2015.

2.4. Cultivares

En la actualidad existen más de 400 cultivares identificados a nivel mundial (Mitra y Pathak, 2010) sin embargo, sólo 32 son de importancia económica a nivel mundial, destacando Brewster, Chen Purple, Bengal, Ambonia, Groff, Tai So, comúnmente llamado Mauritiuis. Las mejores variedades son las que presentan frutos grandes con semillas pequeñas por lo cual son preferidas (FAO, 1987).

Dependiendo del periodo de producción y cosecha se han dividido en cultivares de maduración temprana, intermedia y tardía. En el estado de Veracruz se explotan comercialmente principalmente los cultivares Mauritius (Racimo Rojo) y Brewster (Ralo Rojo), debido a las condiciones que favorecen su desarrollo y rendimiento, además de la alta aceptación del mercado local y estatal (Galán, 2007).

El cultivar Tai So, conocido comúnmente en México como Mauritius, se caracteriza por arboles muy vigorosos pero susceptible a rotura de limbos, por lo que son muy sensibles al viento, con una copa muy abierta, ángulos abiertos y de poca resistencia entre ramas; presenta frutos moderadamente grandes de color rojo intenso, sabor ácido-dulce, pulpa firme y jugosa de madurez temprana. Semillas grandes, con 15 % de semillas abortadas (Saúco, 1987).

2.5. Requerimientos del cultivo

La franja principal productora del litchi se encuentra entre los 15° y 30° de latitud norte con precipitaciones pluviales medias anuales de 1,600 mm (Galán, 2007) y una humedad relativa del 75 % favorece una mejor floración y amarre de los frutos (Samson, 1991). Es una especie que se adapta mejor a bajas altitudes, como zonas costeras, valles y ríos en donde se tiene una alta humedad (Thomson, 1994). Sin embargo, es sensible a condiciones de baja humedad, particularmente en la época de fructificación. Cuando una especie es alejada de su lugar de origen y clima ideal, mayor es el tiempo de adaptación y será necesario brindarle un manejo específico para que pueda expresar su potencial en floración y producción (Galán, 2007).

El cultivo del litchi requiere calor moderado y un ambiente libre de heladas. Cuando se establece una plantación de litchi es necesario plantar árboles cortavientos con el fin de evitar desgaje de ramas, estos no deben proporcionar una excesiva sombra al árbol ya que prolongaría el tiempo de crecimiento y desarrollo. El litchi está adaptado a zonas

subtropicales que presentan un verano cálido e invierno con temperatura más baja. En algunas zonas productoras donde escasea el agua deben compensar el déficit con riego mediante un sistema adecuado con el fin de no afectar el rendimiento y calidad (Galán y Menini, 1987; Galán, 2007).

El intervalo de temperatura óptimo para el litchi se sitúa entre 20 y 35 °C con cero crecimientos vegetativos en otoño-invierno, cuando requiere temperaturas de 15 a 16 °C para la emisión de brotes florales. La existencia de un período frío (mínimas entre 8 y 14 °C) y seco en otoño e inicio del invierno favorece la floración (Galán, 2007). Es por ello que las bajas temperaturas y un período seco en invierno, son necesarios para iniciar los cambios fisiológicos que estimulan la floración; por otra parte, cuando hay poca diferencia entre las temperaturas de invierno y verano, los árboles crecen bien, pero raramente florecerán (Roygrong, 2006). Por lo tanto, no se recomienda establecer huertas de litchi en lugares donde las temperaturas mínimas y precipitación total durante los tres meses previos a la floración, superen los 15 °C y 150 mm de lluvia respectivamente (O'Hare, 2004). Los mejores rendimientos de cosecha ocurren cuando alcanzan temperaturas bajas (menores a 15 °C), seguidas por una temporada con días y noches cálidas que permiten el desarrollo floral y la polinización (Batten y McConchie, 1995; Davenport y Stern, 2004).

2.5.1. Requerimientos edáficos

En general, el litchi se puede cultivar en diferentes tipos de suelo, prefiriendo los suelos de aluvi3n, profundos, buen drenaje (tolera como máximo 15 días con exceso de humedad) (Galán y Menini, 1987; Prakash, 2013) sugieren que prefieren suelos franco arenosos y un pH entre 5 y 8 (Maldonado *et al.*, 2012). Las raíces del litchi se desarrollan mejor cuando se encuentran asociadas con hongos micorrízicos, por lo que es necesario inocular con

micorrizas antes de establecer las plantas en el terreno definitivo (puede ser el mismo sitio, donde antes estuvo plantada esta especie (Galán y Menini, 1987).

2.6. Fenología del cultivo

2.6.1. Desarrollo de la floración

Los eventos reproductivos al igual que para otros frutales comienzan con la iniciación de las yemas florales. Tras la iniciación ocurren una serie de estadios que pueden señalarse de la siguiente manera:

- a) Diferenciación de yemas (iniciación – emergencia).
- b) Crecimiento de panículas.
- c) Floración (antesis, dehiscencia de anteras y polinización.)
- d) Fructificación (cuajado o madurez).

La duración total del desarrollo reproductivo puede cifrarse entre 6 y 8 meses, no obstante, existen variaciones considerables según cultivares y el ambiente en el que se establecen (Bernier *et al.*, 2002).

2.6.2. Iniciación floral

La iniciación floral sucede normalmente en invierno, las panículas brotan en la madera del año, esta madera proviene normalmente de yemas de brotes que no produjeron flores en el año anterior e incluso de ramas que florecieron, pero no cuajaron. Aún en los climas subtropicales donde teóricamente existen condiciones de bajas temperaturas suficientes para disparar el proceso de iniciación floral, es un claro índice de la existencia de un periodo de juvenilidad en relación a la iniciación floral (Wilkie *et al.*, 2008). En los árboles adultos, al menos para el cultivar Mauritius, la edad de la planta no parece ejercer una acción importante en relación al porcentaje de ramas terminales floríferas. Este periodo juvenil para las plantas

de semilla dura entre 6 y 15 años y para las plantas acodadas normalmente entre 3 y 6 años, aunque se ha señalado, que algunos árboles acodados procedentes de ramas largas florecen con mayor rapidez. Las plantas injertadas, a juzgar por los datos de los investigadores florecen como es lógico antes que las plantas acodadas, debido al propio efecto de restricción del movimiento de savia que ocurre por el injerto (Davenport, 2007).

Hoy en día existen sustancias químicas llamadas promotores de brotación aplicadas en dosis bajas que favorecen la brotación de yemas, aunque éstas no hayan completado su requerimiento de frío de forma natural, dichos compuestos ayudan a la obtención de una floración uniforme (Calderón y Rodríguez, 1988). La utilización de promotores de brotación ocupan un lugar importante en zonas productoras para algunos frutales subtropicales de importancia económica, dentro de los principales productos podemos encontrar: fertilizantes, aceites, cianamidas, reguladores de crecimiento, entre otros (Campos *et al.*, 2001). No obstante, no hay reportes de su uso para promover la floración en litchi.

2.6.3. Diferenciación de panículas

Tras la iniciación el eje primario de la inflorescencia se alarga y aparecen los primordios de las ramas secundarias. Las ramas secundarias proceden de forma similar desarrollándose las diferentes partes florales en las axilas de las brácteas del eje principal y sus ramas. Cada primordio central se expande longitudinalmente y se diferencia en 2 a 4 lóbulos vellosos del cáliz, mientras que los primordios de las anteras se diferencian a su vez en las axilas de éste. Dos protuberancias laterales se desarrollan a partir del primordio central para convertirse en carpelos. Tanto la estructura futura de la panícula como el número y la proporción de flores de los distintos tipos, al igual que su distribución espacial, quedan fijadas en el proceso de diferenciación de aquella sin que se haya estudiado el efecto de las condiciones ambientales

o culturales sobre estas características. Las panículas aparecen normalmente en dos a tres flujos, desarrollándose primero las ramas terminales. Las panículas, son generalmente mixtas, la proporción de flores parece aumentar en los climas subtropicales con suficiente estímulo de bajas temperaturas para la iniciación-dormancia (Watson, 1984).

Inicialmente la emergencia de la panícula es el primer signo obvio de la floración en esta especie. Existen grandes variaciones tanto en el número total como en el porcentaje de los distintos tipos de flores con diferencias considerables entre cultivares, las condiciones ambientales e incluso árboles y panículas, estando usualmente comprendida la proporción de flores funcionales femeninas entre el 15 y el 65 % del total (Bernier, 1998).

La duración de todo el proceso de floración (antesis a polinización) está comprendida entre 20 y 46 días, según las estaciones y emplazamientos sin importantes influencias varietales.

La antesis floral ocurre tanto durante el día como en la noche, produciéndose un pico en las primeras horas de la mañana. Las temperaturas por debajo de 8 °C impiden la apertura floral, pero esto ocurre tanto en estaciones lluviosas como secas, aunque en periodos muy secos las flores jóvenes pueden deshidratarse y no desarrollarse. Las temperaturas nocturnas superiores a los 21 °C, reducen el periodo de la apertura floral femenina (Bernier y Perilleux, 2005).

Las dehiscencias de las anteras empiezan aproximadamente 24 h después de la antesis y dura de uno a tres días, aunque no todas las anteras lo hacen simultáneamente. Si bien ésta ocurre de forma continua, lo hace más frecuentemente entre las 8 y las 10 horas sin efecto aparente de las condiciones ambientales, culturales o genéticas. La viabilidad del polen de las flores del tipo III es superior a las del tipo I y éste a su vez es superior a las flores del tipo II. Los estigmas son receptivos desde que comienzan a dividirse en lóbulos persistiendo esta funcionalidad hasta 3 días tras la antesis, pero con mayor receptividad (75 %) durante el día

siguiente a la apertura floral. Una vez que cesa esta condición se desecan y pierden su aspecto brillante (Bernier *et al.*, 2002).

Aunque se ha señalado que la autopolinización puede ocurrir en un mismo árbol dado que coexisten en el tiempo flores funcionalmente masculinas y femeninas tanto en la misma como en distintas inflorescencias se reconoce generalmente que las flores de litchi son autostériles y requieren insectos para su polinización. Existen un gran número de insectos pertenecientes al menos a 5 o 6 órdenes distintas (Díptera, Himenóptera, Coleóptera, Hemíptera, Homóptera y Lepidóptera) visitan las flores, son fundamentalmente las moscas de diversos tipos y la abeja melífera las principales polinizadoras del litchi en diversos países, hoy en día se recomiendan para la polinización cinco colmenas de *Apis mellífera* por hectárea. La actividad de los insectos se reduce en condiciones extremas de temperatura, nubosidad o lluvia abundante, vientos fuertes y uso de pesticidas (Rindermann *et al.*, 2001).



Figura 5. Árbol de litchi de 10 años de edad, cultivar Mauritius, en plena floración.

2.6.4. Crecimiento de la panícula

El crecimiento de la panícula es sigmoideal y se completa normalmente en 5 a 8 semanas si bien existe una variación considerable dentro incluso de las panículas del mismo árbol. Existen claras diferencias entre cultivares con respecto tanto a sus dimensiones como al número de ramificaciones florales de la misma. Las temperaturas elevadas aceleran no sólo el crecimiento de la panícula sino también todo el proceso reproductivo. Por otra parte, las temperaturas por debajo de 0 °C, al igual que los vientos secos y cálidos, destruyen las inflorescencias (Menzel y Simpson, 1994).

2.6.5. Requerimientos para floración

La floración es un proceso multifactorial, ampliamente estudiado, desde el punto de vista ecofisiológico y biofísico (Bernier *et al.*, 1993; Kinet, 1993). La iniciación se caracteriza por presentar el primer evento visible microscópicamente del desarrollo floral, dado por cambios morfológicos como elongación, ensanchamiento y aplanamiento del meristemo (Zhou *et al.*, 2008). En esta etapa se sintetiza ADN y se eleva la actividad o índice mitótico del ápice; ambos procesos originan las nuevas células que conforman los primordios florales. Los cambios en el meristemo implican disminución en la zona distal o central, menos activa, al tiempo que el área de los primordios florales se incrementa por divisiones constantes en la zona de la periferia; se diferencia una zona superficial meristemática, poco profunda llamada manto (túnica), donde las partes florales inician su desarrollo, y una región central de tejido fundamental llamada core (cuerpo), del cual se origina el receptáculo de la flor (Sharma y Fletcher, 2002).

Una vez que el meristemo competente, capaz de reconocer señales, es inducido a florecer, se generan cambios en la identidad de los nuevos primordios por ello esta etapa conduce a la especialización de las células. La secuencia típica inicia con la diferenciación de los sépalos, pétalos, estambres y carpelos, también conocidos como verticilos florales. Se observan inferiores o externos los primeros, sépalos y pétalos, y superiores o al centro los últimos, estambres y carpelos. Los verticilos se insertan en el receptáculo, el cual presenta un arreglo helicoidal o espiralado cuando los entrenudos son cortos, generalmente en formas florales básicas, o verticilados en ausencia de entrenudos característicos de formas florales avanzadas (Bernier, 1998; Bernier y Périlleux, 2005; Corbesier y Coupland, 2006).

Recientes investigaciones involucran que la misma genética de la planta propone la regulación de la floración a través de genes que han sido aislados en procesos de señalización larga, en raíces vía xilema, hojas y tallos, o corta, en genes presentes en meristemos (Suarez-López, 2008). En la mayoría de los casos estos genes para ser activados dependen del ambiente (fotoperiodo y vernalización), prácticas culturales (estrés hídrico, podas y anillado), fitohormonas (Giberelinas), o ser autónoma y a su vez depender de mensajeros endógenos como azúcares u hormonas (Corbesier y Coupland, 2006), de esta manera, aspectos genéticos, fisiológicos y morfológicos, convergen en el control de la floración.

2.6.6. Desarrollo del fruto

En el proceso de desarrollo y maduración, la cutícula del pericarpio se reduce de 8.75 mm a 1.88 mm en el fruto maduro. La disminución se ha atribuido tanto a la rápida expansión de la fruta y una reducción en la síntesis de la cutícula. El pericarpio se mantiene verde y fotosintéticamente activo hasta la madurez, cuando disminuye el contenido de clorofila y la síntesis de antocianinas se inicia (Underhill, 1992).

Los frutos son producidos en grupos desde 2 a 30 por racimo y es importante que estos maduren en el árbol (fruto no climatérico) para alcanzar un mejor sabor; se requiere para su maduración entre 60 y 90 días después de la floración (Chen *et al.*, 1987; Wang *et al.*, 2010).

2.7. Manejo del cultivo

2.7.1. Propagación

Existen distintas técnicas para la propagación del árbol de litchi: acodo aéreo, semillas, injertos, esqueje e in vitro (Galán, 2003). El tiempo de propagación es variable dependiendo del método empleado. El medio más utilizado para la propagación del litchi es el acodo aéreo (Yee, 1972), es una forma de producción asexual por medio de la cual la rama de un árbol es inducida a enraizar, mientras está unida a la madre, cuando la rama ha enraizado se retira del árbol y se trasplanta a un pilón, obteniendo una nueva planta (Ireta, 1970). A través del acodo aéreo se obtienen plantas genéticamente idénticas y ensayan la producción a los 3 o 4 años, mientras que las que provienen de semilla, genéticamente son diferentes en la mayoría de los casos y pueden tardar hasta 12 años en producir.

Se recomienda seleccionar árboles productivos, sanos, vigorosos y con ramificación bien desarrolladas, de preferencia ramas de crecimiento erecto o sin ramificaciones, entre 10 y 20 mm de diámetro y entre 45 y 60 cm de longitud, las cuales deben estar situadas de preferencia en la parte exterior del árbol (Ojeda, 1970). Generalmente el litchi se ha propagado vegetativamente por acodo aéreo (Janos *et al.*, 2001; Puchooa, 2004).

La propagación por injerto se utiliza en lugares donde las condiciones del viento son extremosas, por ello se necesitan patrones con buen desarrollo de raíz para evitar el arranque del árbol, sin embargo, el porcentaje de prendimiento es bajo debido a la incompatibilidad

del injerto con el patrón y la poca variabilidad de cultivares que existen en cada zona. (Menzel y Waite, 2005).

2.7.2. Podas

Después de los primeros años de establecimiento, se deben realizar podas para darle forma al árbol; se eliminan ramas que estén rectas, dejando aquellas con ángulos de 90°, para evitar su desgarramiento por la carga de frutos y disminuir daños por viento, así también mantener una altura restringida de 3 a 4 m para facilitar la cosecha (Menzel y Kernot, 2002).

Durante la etapa productiva se debe podar la copa para garantizar una mejor exposición a la luz, esto permite una apropiada aireación y garantiza crecimiento y desarrollo de brotes reproductivos (Crane y Balerdi, 2005). Al finalizar la cosecha se debe realizar poda de limpieza, también conocida como poda anual, se deben eliminar ramas que impidan la penetración de luz para estimular la brotación de nuevas yemas (De la Garza y Cruz, 2001).

Las podas se diferencian por la finalidad en la cual se utilizan, éstas pueden realizarse para inducción de crecimiento, floración, formación, regeneración y sanidad (Huang, 2002). La poda de inducción de yemas, se debe llevar a cabo en el mes de noviembre para que tenga un efecto notable (Stern *et al.*, 2005). La poda de formación generalmente se aplica para arboles jóvenes, se selecciona un tallo principal que debe estar libre por los menos 50 cm de altura de cualquier otra rama, posteriormente se deben elegir 3 o 4 brotes principales los cuales deben estar bien distribuidos y espaciados, el resto de brotes deben ser eliminados, esta poda se puede realizar en cualquier época del año, aunque se recomienda al inicio de las lluvias. La poda de regeneración se aplica cuando nunca se realizaron podas y los arboles rebasan alturas de 5 m a los 13 años de edad, la forma correcta de hacerlo es cortando el árbol a una altura de 1.5 m (Carvalho y Salomão, 2000).

2.7.3. Riego

La aplicación de riego en el cultivo de litchi, es una práctica indispensable y se realiza para cubrir el déficit de agua de lluvia y complementar los requerimientos de demanda, sobre todo en etapas críticas de desarrollo como: aparición de inflorescencia, cuajado (amarre de frutos) y crecimiento de fruto (Galán y Menini, 1987). La precipitación media anual recomendada para el establecimiento de litchi es entre 1,200 y 1,500 mm anuales, sin embargo, en época de sequía (marzo - junio) es recomendable aplicar riegos quincenales (Rindermann *et al.*, 2001). En suelos arenosos se recomienda regar dos a tres veces por semana mientras que en suelos arcillosos de una a dos ocasiones (hasta 60 litros de agua por árbol productivo) (Menzel, 2000; Sing y Babita, 2002).

Valdivia *et al.* (2010), sugieren que el litchi requiere de un periodo de déficit hídrico de hasta por 15 días en otoño, ya que éste promueve la inducción florar. Los árboles tienen un sistema de raíces profundas y pueden sobrevivir largos periodos de sequía, aunque las hojas, flores y frutos muestren estrés por falta de agua. Trabajos en el sur de África muestran que la sequía en la brotación de la panícula a la cosecha reduce el amarre y tamaño del fruto (Menzel, 2002).

Existen huertas que no cuentan con riego, debido a los costos de la infraestructura, lo que se ve reflejado en el tamaño del fruto y por lo tanto en el rendimiento del cultivo. En México, para el cultivo de litchi en particular se promueven los sistemas de riego por micro aspersión o goteo, además aumenta la eficiencia en el uso del agua, contribuyen al ahorro de este recurso, como se está haciendo en Sinaloa, Oaxaca y Veracruz. En el estado de San Luis Potosí se reporta que riegos aplicados durante el desarrollo de fruto de litchi que va del mes de marzo a mayo, y esto incrementa de manera significativa el rendimiento y calidad de fruta

(De la Garza, 2004). En el estado de Veracruz la precipitación pluvial anual en las zonas productoras oscila entre 1,000 a 2,000 mm según la estación metrológica nacional, eso genera un margen de humedad para evitar riegos adicionales en algunos meses del año ya que el agua de la precipitación es suficiente para que el litchi pueda producir. La estación de sequía es marcada y coincide con la época de floración y ello afecta el rendimiento del cultivo de litchi (De la Garza, 2004).

2.7.4. Fertilización

En México no existen programas definidos de fertilización, de tal manera que hay una gran diversidad de dosis y fuentes utilizadas, éstas se basan en análisis foliares y de suelo. Antes del establecimiento de un cultivo se realiza un análisis de suelo para determinar las características físicas y químicas con las que cuenta el lugar y elaborar un programa de fertilización complementado con parámetros reportados de países productores a nivel mundial (Carvalho y Salomão, 2000; Menzel, 2002). El litchi requiere de nutrimentos esenciales, para un buen desarrollo vegetativo, pero sobre todo para una buena fructificación. (Menzel, 2002).

En China, se aplican 600 g de Nitrógeno (N), 40 g de Fósforo (P) y 250 g de Potasio (K) antes de la floración; 200 g de N, 50 g de P y 700 g de K en plena floración, y 600 g de N, 40 g de P y 250 g de K durante el desarrollo de los frutos, en árboles de 10 años de edad que llegan a producir 100 kg aproximados de fruto (Menzel, 2002), aunque Huang (2002) reporta 0.6 kg de urea, 1.2 kg de superfosfato y 0.6 kg de cloruro de potasio en plantas de 5 años, en Australia la dosis es acorde a la edad del árbol, la dosis de urea va de 0.4 kg hasta 2.2 kg; superfosfato de calcio triple 0.8 a 3.0 kg y sulfato de potasio de 0.7 a 3.4 kg por árbol anualmente (Menzel, 2002).

Mitra (2002) establece las siguientes dosis para árboles de 10 a 11 años con diámetros de copa de 4.0 a 4.5 m y 12 a 16 m respectivamente, con aplicaciones a la base del árbol de 500 g N, 170 g de P_2O_5 y 700 g de K_2O . En la India, las aplicaciones varían de 600 a 800 g N, 150 a 200 g P y 300 a 500 g K en dos o tres aplicaciones al año, para árboles de 12 a 15 años de edad (Carvalho y Salamão, 2000; Singh y Babita, 2002). Agustí (2004) indica dosis similares a las anteriores, para árboles de 5 a 12 años de edad: 400 a 500 g de N y de 125 a 200 g de P y 500 a 900 g de K, la variación depende del porte del árbol y su producción; y para arboles adultos (menores de 15 años) las dosis son de 1000 g de N, 300 g de P y 1400 g de K. Lo anterior son dosis guías que ofrecen una orientación en cuanto a la cantidad de fertilizante requerido por el cultivo, se requiere por lo tanto un mayor conocimiento para poder establecer una nutrición balanceada basada en la oferta-demanda y eficiencia de los fertilizantes (Rodríguez, 1993).

Se ha observado que el efecto de la fertilización en el cultivo de litchi no se refleja en el mismo ciclo de producción (Maldonado *et al.*, 2012). En cuanto a micronutrientes (B, Cu, Fe, Zn, Mn) las aplicaciones se asocian principalmente a deficiencias de Boro, Cobre y Zinc, en árboles de 8 años de edad, pueden ser corregidas con: 36.32 g de Zn, 3.2 Cu y 1.44 de B, en una aplicación cada 2 años (Menzel, 2002). También se pueden solucionar con aplicaciones foliares de Zinc, Cobre, Manganeso y Boro o la incorporación de estiércol o lombricompostas, que ayudan a suplir el óxido de Zinc y Boro en suelos pobres de estos microelementos. (Carvalho y Salomão, 2000).

El N junto con el P, B y Zn son considerados elementos de i para el cultivo, (Mitra, 2002). Los principales macronutrientes para el litchi son; (P, K, Ca, Mg), el N promueve crecimiento de follaje y brote de hojas nuevas, cuando estos elementos se encuentran en cantidades menores afecta el desarrollo de los árboles y los principales síntomas de deficiencia son hojas

de color amarillo, verde descolorido y menor tamaño (Menzel *et al.*, 1992). Sin embargo, un exceso en la concentración de nitrógeno se asocia a flujos vegetativos constantes y disminución de la floración (Li *et al.*, 2001). El potasio (K) es un macronutriente, por lo que, se requiere en grandes cantidades para el normal crecimiento y desarrollo del cultivo. Algunas de las principales funciones del K son: osmoregulación, síntesis de almidones, activación de enzimas, síntesis de proteínas y movimiento estomático (Marschner, 1995). Su deficiencia se manifiesta en una disminución de absorción de CO₂, reduciendo el proceso de fotosíntesis, al inducir una resistencia al intercambio gaseoso por parte del mesófilo (Terry y Ulrich, 1973), esto limita el desarrollo de los frutos y por lo tanto el rendimiento (Menzel *et al.*, 1992). Por otra parte, las deficiencias de K, Ca, P y agua delimitan el desarrollo de los frutos, produciendo frutos de menor tamaño o mala calidad, lo que se ve reflejado en el rendimiento de la planta (Menzel *et al.*, 1992; Mitra y Pathak, 2010).

2.7.5. Plagas y enfermedades

La incidencia de plagas y enfermedades del cultivo del litchi, están condicionadas en el ambiente que se desarrollen y en el manejo agronómico del mismo. Dentro de las indicadas como importantes por sus daños en hojas, tallos, brotes tiernos, flores y frutos pueden destacar las chinches (*Tessaratoma papillosa*), este insecto absorbe la sabia de brotes nuevos provocando una deshidratación y penetración de hongos y a su vez dañan un porcentaje elevado de frutos, al igual que diversas especies de mosca de la fruta (*Caratitia capitata* W.) y ácaros (*Aceria itchiii*). En algunos estados productores de México se registra la aparición de pulgones, orugas y trips, en la mayoría de los casos donde se presentan se controlan con productos químicos (Mitra y Pathak, 2010). Por otra parte, durante la cosecha se pueden

observar hormigas, pájaros, abejas y ardillas comiéndose los frutos, éstos atraídos por su color y dulzura, en estos casos no existe un control (Oros, 2010).

La mayoría de las manchas foliares que presentan los árboles, el marchitamiento de inflorescencias, caída de hojas y enfermedades precosecha tienen poco impacto sobre la producción comercial. Sin embargo, la pudrición del pedúnculo, la antracnosis, son enfermedades presentes cosecha y postcosecha que afectan directamente el rendimiento del cultivo (Coates *et al.*, 2005). La enfermedad más común que se presenta en el litchi es la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*), afecta brotes vegetativos y florales recién emitidos distorsionando las pequeñas hojas y causando su caída. Es recomendable aplicar agentes biológicos como preventivos y evitar que estos hongos ataquen. Aunque de cierta manera especies de hongos como *Alternaria*, *Collectotrichum* y *Aspergillus* aparecen en postcosecha y provocan podredumbre en la fruta (Galán y Menini, 1987).

2.8. Cosecha

La cosecha debe realizarse en las primeras horas de la mañana o en las horas frescas de la tarde cuando la temperatura ambiente haya bajado. La forma más adecuada de realizar la cosecha es manual corte de la panícula entera lo que se efectúa con tijeras o con una cuchilla adaptada a un extremo de la percha. (González, 2006).

La recolección del fruto es una tarea delicada ya que es una fruta no climatérica, en que a partir de la misma se paraliza prácticamente la maduración, si se colecta antes de madurez fisiológica no habrá una buena coloración ni tampoco una relación adecuada azúcar y acidez, ambas vitales para la comercialización. La determinación del momento de madurez usualmente es por el color de la cascara, momento en el que se considera que el fruto está listo para su cosecha (Anon, 1976).

Otros criterios para determinar el momento de recolección son el peso mínimo (21 g) y la relación azúcar/acidez en frutos del cultivar Mauritius. Claro está que estos factores variarán en función del cultivar e incluso el área climática (Joubert, 1986).

2.9. Calidad de fruto

El litchi sufre alteraciones rápidamente después de ser cosechado, no sólo en su cáscara, sino también en la pulpa, ya que cambia de ser translúcida a opaca (Campbell y Malo, 1994). Su vida útil es limitada por lo que se han elaborado algunos productos para conservarla. Un método convencional ha sido la adición de azúcares, el litchi en almíbar enlatado preserva la calidad de la fruta, sin embargo, existe pérdida nutricional y organolépticas debido a la acción térmica y enzimática durante el proceso de elaboración. A lo anterior, Dajanta *et al.* (2012) analizaron el efecto del cambio de color del litchi en almíbar por alta presión y el procesamiento térmico. Se encontró que la actividad enzimática a alta presión reduce la actividad de la polifenoloxidasa (entre 33 y 51 %), mientras que la pasteurización reduce notablemente la actividad en un 90 %.

La calidad del litchi requiere la aceptación por parte del consumidor y es determinada por sus atributos sensoriales, composición química, propiedades físicas como tamaño, color, firmeza, acidez y el nivel de contaminantes tóxicos y microbiológicos. Los litchis son altamente perecederos y pierden su calidad sensorial rápidamente después de cosechar, lo cual limita su vida útil por algunos días a temperatura ambiente (Kader, 2003). Los criterios de calidad incluyen el tamaño de la semilla, los sólidos solubles totales (SST), la acidez titulable (AT) y la relación SST/AT. Estas características presentan variaciones en función del cultivar (Cronje *et al.*, 2009). En México para el cultivar Mauritius se reportan pesos medios del fruto de 23 g y medidas de 30 a 42 mm de diámetro, SST entre 19.7 y 21.3 % y AT de 0.3 a 0.5 % de ácido málico (Aquino *et al.*, 2010).

2.10. Literatura citada

- Anon. 1976. Informe Anual. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. 12 p.
- Agustí, M. 2004. Fruticultura. (Ed). Mundí-Prensa. Madrid, España. 493 p.
- Aquino B. E. N., R. Corona V., A. Villegas, I. Reyes, N. Güemes, A. D. Hernández and E. Mercado. 2010. Effect of storage temperature and time on quality in minimally processed. *Journal of food quality* 33:299-311.
- ASERCA (Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios) 2004. Cultivo de litchi. *Claridades Agropecuarias* 74:32-48.
- Australian Lychee Growers Association. 2014. Popular varieties that are great eating. <http://www.australianlychee.com> (Consulta: noviembre 2017).
- Batten, D. J., and C. McConchie A. 1995. Floral induction in growings buds of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) and mango (*Mangifera indica*). *Australian Journal Plant Physiology* 22:783-791.
- Bernier, G. 1998. The control of floral evocation y morphogenesis. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 39:175-219.
- Bernier, G., A. Havelange, C. Houssa, A. Petitjean and P. Lejeune. 1993. Physiological signals that induce flowering. *The Plant Cell* 5:11-47.
- Bernier, G. and C. Périlleux. 2005. A physiological overview of the genetics of flowering time control. *Plant Biotechnology Journal* 3:3-16.
- Calderón, Z. G. y A. Rodríguez. 1998. Thidiazuron promueve la brotación en el letargo final de yemas florales del ciruelo japonés 'Shiro' (*Prunus salicina* Lindl). *Memorias del XVII Congreso Nacional de Acapulco, Guerrero. Filogenética. Notas científicas. SOMEFI, A. C. y Universidad Autónoma de Guerrero. 9 octubre. 66 p.*
- Campbell, C. and S. Malo E. 1994. The lychee. Fact sheet HS-6, Florida Cooperative Extension Service, University of Florida, USA. 107:360- 360.
- Carvalho, C. M., and LC Ch Salomão. 2000. Cultura da lichieira. *Boletim de Extensão* 43. Universidade Federal de Viçosa, Brasil. 39 p.
- Coates, L., E. Zhou and Ch. Sittigul. 2005. Diseases. In: Menzel, C. M. And Waite, G. K. (Eds.) *Litchi and Longan: Botany, Production and Uses*. CABI Publishing. pp. 261-272
- Corbesier, L. and G. Coupland. 2006. The quest for florigen: A review of recent progress. *Journal of Experimental Botany* 57:3395- 3403.
- Crane, J. H., F. Balerdi C. and I. Maguire. 1998. Lychee growing in the Florida. University of Florida, IFAS, USA. 112: 224- 232.
- Crane, H. J. y C. Balerdi F. 2005. El lichi en Florida. University of Florida. HS No. 1307. Departamento de Orticultura Ciencia, Servicio de Extensión Cooperativa de la Florida, Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas, USA. 7 p.
- Cronje, R. B., D. Sivakumar P., Mostert G. and L. Korsten. 2009. Effect of different preharvest treatment regimes on fruit quality of litchi cultivar 'Mauritius'. *Journal of Plant Nutrition* 32:19- 29.
- Chamhum, S. L., S. Lopes D. and P. Canto M. 2006. Desenvolvimento do fruto de lichieira (*Litchi chinensis* Sonn.) Bengal. *Revista Brasileira do Fruticultura* 28:11- 13.
- Chen, W. S. 1987. Endogenous growth substances in relation to shoot growth and flower and development of mango. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 112:360- 363.

- Dajanta, K., A. Apichartsrangkoob and S. Somsang. 2012. Comparison of physical and chemical properties of high pressure and heat-treated lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) in syrup. *High Pressure Research* 32:114– 118.
- Davenport, T., L. and R. Stern A. 2004. Flowering. In: CM Menzel and GK Waite (Ed) *litchi and longan, botany, cultivation and uses*. CAB International Wallingford Oxon. 97-106.
- Davenport, T. L. 2007. Fisiología reproductiva mange. *Journal Plant Physiology* 19:363- 376.
- De la Garza, N., J. y F. Cruz M. 2001. El litchi, una alternativa de producción para la Huasteca Potosina. Folleto para productores N° 2. INIFAP. Huichihuayan, San Luis Potosí, México. 24 p.
- De la Garza, A. 2003. El cultivo de litchi. Folleto técnico No. 1. INIFAP. Huichihuayan, San Luis Potosí, México. 20 p.
- De la Garza, A. 2004. El litchi: Alternativa para la diversificación frutícola en la Huasteca Potosina. Folleto técnico No. 117. INIFAP. Huichihuayan, San Luis Potosí, México. 40 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2013. Producción mundial de litchi. www.fao.org (Consulta: Enero, 2017).
- Fernández, H. y M. G. 1998. El litchi (*Litchi chinensis* Sonn.), un cultivo alternativo para el trópico Veracruzano. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Veracruzana. Peñuela, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. 85 p.
- Galán, S. V. y R. I. García. 1990. Cultivo de litchi en la Costa Mediterránea. (Ed). Consejería de Agricultura y Pesca, Málaga, España. 3 p.
- Galán, S. V. 1972. Los frutales tropicales en los subtropicos. I. Aguacate - Mango - Litchi y Longan. (Ed). Mundi-Prensa, Madrid, España, 108 p.
- Galán, S. V. y U. G. Menini. 1987. El litchi y su cultivo. Primera Ed. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Producción y Protección Vegetal. Roma, Italia. 83:27- 168.
- Galán, S. V. 2003. Fruit: Tropical and Subtropical. *Encyclopedia of Food and Culture* 2:70-78.
- Galán, S. V. 2007. Adaptación y desarrollo de frutales tropicales y subtropicales menores en España. *Acta de Horticultura* 48:360- 369.
- García-Pérez, E. and A. B. G. Martins. 2006. Florescimento e frutificação de lichieiras em função do anelamento de ramos. *Revista Brasileira de Fruticultura* 28:17- 17.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarla a las condiciones de la República Mexicana. (Cuarta Ed). Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 213 p.
- Gazit, S. and R. Stern, 2003. The reproductive biology of the lychee. *Horticultural Review* 28:393- 453.
- Huang, X. 2002. Lychee production in China. *The Lychee Crop in Asia and the Pacific*. Food and Agricultural Organization of the United Nations 5:41- 54.
- Huang, C. K., B. S. Chang., K. C. Wangs., S. J. Her., T. W. Chen., Y. A. Chen., C. L. Cho., L. J. Liao., K. L. Huang., W. S. Chen., and Z. H. Liu. 2004. Changes in polyamine patten ar involved in floral initiation and development in *Polianthes tuberosa*. *Journal Plant Physiology* 16: 709-713.
- Huang, X. 2004. Production of sapindaceae fruits in China development and challenges. In: *Seminário internacional de lichia en Brasil, Limeira Brasil. SP.*

- Huang, X. H., W. Wang., J. Yuan, J. Lu, S. Yin, H. Luo and B. Huang. 2005. A study of rapid senescence of detached litchi: roles of water loss and calcium. *Postharvest Biology and Tecnology* 35:177-189.
- Huang, H. and J. Xu. 2005. The developmental patterns of fruit tissues and their correlative relationships in *Litchi chinensis* Sonn. *Scientia Horticulturae* 19:335-342.
- Indian Horticulture Database. 2010. Chapter I facts and figures. <http://nhb.gov.in/area-pro/database-2011.pdf> (Consulta: Noviembre, 2017).
- Ireta, O. A. 1970. Efecto de cuatro factores en la propagación del litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) por el método de acodo aéreo, en el Valle de Culiacán, Sinaloa. Tesis de licenciatura. Chapingo, México. 108 p.
- Janos, D. P., M. Schroeder S., B. Schaffer and J. Crane H. 2001. Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi enhances growth of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). Trees after propagation by air layering. *Plant and Soil* 33:85-94.
- Jiang, Y. M. and J. Fu. R.1999. Postharvest browning of litchi fruit by water loss and its prevention by controlled atmosphere storage at high relative humidity. *Food Science and Technology* 32:278-283.
- Joubert, A. J. 1986. Litchi. Manual de cuajado y desarrollo. Shaul P. Monselise. (Ed). CRC. Florida, USA. 233-346.
- Kader, A. A. 2003. Una perspectiva sobre horticultura postcosecha (1978-2003). *Horticultural Science* 38:1004-1008.
- Kinet, J. M. 1993. Environmental, chemical, and genetic control of flowering. *Horticultural Reviews* 15:279- 333.
- López, L. J. 2008. Litchi y tamarindo dos frutales con potencial en México. Monografía. Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. 48 p.
- Maldonado, P. R., A. Trinidad S., D. Téliz O., A. Velasco V. V. y H. Volke. V. H. 2012. Respuesta del Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) a la fertilización con N P K en el norte de Oaxaca, México. *Fitotecnia Mexicana* 35:251-258.
- Menzel, C. M. 1991. *Litchi chinensis* Sonn. *Plant resources of South-East Asia* 2:191-195.
- Menzel, C., G. Barry A. and D. Simpson R. 1992. Observations on the concentrations of soil nutrients in lychee orchards in sub-tropical Australia. *Journal Southern African Society Horticultural Science* 2:36-40.
- Menzel, M., G. Haydon y D. Simpson. 1992. Mineral nutrient reserves in bearing litchi trees (*Litchi chinensis* Sonn.). *Journal Horticultural Science* 67:149-160.
- Menzel, C. M. and D. R. Simpson. 1993. Frutas de clima trópical: Frutos de Sapindaceae. *Enciclopedia de la Ciencia de los Alimentos, Food Technology and Nutrition* Eds. Macrae, R. Robinson, R.K. and Sadler, M. J. Academic Press. Londres, England. 108 p.
- Menzel, C. and D. R. Simpson. 1994. Lychee. In the handbook of enviromental physiology of fruit crops. Vol. II. Subtropical and Tropical. B. Schaffert and P. C. Anderson, Eds. CRC. Press, Boca Raton, Florida, USA. 123-4.
- Menzel, C., M. 2000. Información clave de litchi. Primera edición, de la serie de Agrilink. Instituto de Horticultura de Queensland. Australia. 240 p.
- Menzel, C. 2001. The physiology of growth and cropping in lychee. *Acta Horticulturae* 558: 175- 184.
- Menzel, C. M. and I. Kernot. 2002. Lichee information kit. Departament of Primary Industrics. Series Agrilink. Queensland, Australia. 260 p.

- Menzel, M. 2002. Lychee production in Australia. In: Papademetriou, M. K. and Dent, F.J. (eds) Lychee production in the Asia-Pacific region. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Bangkok, Thailand. 14-27.
- Menzel, C. M., and G. K. Waite. 2005. Litchi and longan: botany, production and uses. Cabi Publishing. Reino Unido. 305 p.
- Mitra, K. 2002. Overview of lychee production in the Asia-Pacific region. In: Papademetriou, M.K. and Dent, F.J. (eds) Lychee production in the Asia-Pacific region. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Bangkok, Thailand. 5-13.
- Mitra, S. K. and P. Pathak K. 2010. Litchi production in the Asia-Pacific region. *Acta Horticulturae* 863:29- 36.
- Nacif, S. R., A. Paoli A. S. and L. Salomão C. C. 2001. Morphological and anatomical development of the litchi fruit (*Litchi chinensis* Sonn. cv. Brewster). *Fruits* 56:225-233.
- Nakasone, H. Y. and R. Paul. 1998. Tropical Fruits. CAB International. USA. 445 p.
- O'Hare, J. T. 2004. Impact of root and shoot temperature on bud dormancy and floral induction in lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). *Scientia Horticulturae* 99:21- 28.
- ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias Precios) 2014. Precios y mercado de litchi. <http://www.odepa.gob>. (Consulta: Enero, 2017).
- Ojeda, A. I. 1970. Efecto de cuatro factores en la propagación del litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) por el método de acodo aéreo, en el Valle de Culiacán, Sinaloa. 83 p.
- Oros, N. A. 2010. Producción y comercialización de litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) en la región central del estado de Veracruz, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 3:373-380.
- Osuna, E. T., R. Valenzuela G., R. Muy M. D., B. Gardea A. A. y R. Villareal M. 2008. Expresión del sexo y anatomía floral del litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). *Revista Fitotécnica Mexicana* 31:51- 56.
- Parra, H. H. and B. J. Sepúlveda. 1986. The lychee (*Litchi chinensis* Sonn.), a new prospect for Mexican fruit growing. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 1:1-5 .
- Paull, R. E. and O. Duarte. 2011. Litchi and longan. Tropical fruits, (2da Ed). CABI. Queensland, Australia. 221-251.
- Prakash, A. 2013. Changing pest scenario in rice. Key-note address on Rice, pest and climate change. In: National Symposium on. Man, animal and environmental interaction in the prespectiv of modern research., North Bengal University, Darjeeling, West Bengal, India. 8:3-5.
- Rindermann, S. R. y G. M. Cruz. 2001. El litchi. La fruta más fina del mundo. (2da Ed). Mundí-prensa. México. 144 p.
- Rodríguez, J. 1993. La fertilización de los cultivos: Un método racional. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía. Santiago, Chile. 291 p.
- Roygrong, S. 2006. Role of boron and zinc in flower induction of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). Proceedings of the International Symposium "Towards Sustainable Livelihoods and Ecosystems in Mountainous Regions". Thailand, Thailand. 9 p.
- Salazar, V. J. A. 2013. Evaluación de cera orgánica aplicada sobre frutos de litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) en manejo postcosecha. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. 89 p.
- Samson, J. A. 1991. Fruticultura Tropical. (Ed). Limusa. México. 396 p.
- Sarin, N. B., U. Prasad S., M. Kumar, and S. Jain M. 2009. Litchi breeding for genetic improvement. *Springer Science Bussines Media* 7:217- 245.

- Saúco, V. G. 1987. El litchi y su cultivo. Food and Agriculture Organization 15:27- 168.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2016. Estadísticas agrícolas de México. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx> (Consulta: Enero, 2017).
- Singh, H. P. and S. Babita. 2002. Lichee production in India. In: Expert Consultation on “Lychee production in the Asia-Pacific Region”, celebrada del 15-17 de mayo de 2001. FAO. Bangkok, Tailandia. 134 p.
- Sivakumar, D. and L. Korsten. 2006. Influence of modified atmosphere packaging and postharvest treatments on quality retention of litchi cv. Mauritius. *Postharvest Biology and Technology* 41:135-142.
- Stern, R., S. Gazit, R. El-Batsri and C. Degani. 1993. Pollen parent effect on outcrossing rate, yield and fruit characteristics of ‘Floridian’ and ‘Mauritius’ lychee. *Journal of the American Society of Horticultural Science* 118:109-114.
- Stern, R., M. Goren and S. Gazit. 2005. The effect of shoot pruning during the fall and winter on lychee flowering and yield. *Acta Horticulturae* 665:331-336.
- Terry, N. and A. Lrich. 1973. Effects of potassium deficiency on the photosynthesis and respiration of leaves of sugar beet. *Plant Physiology* 51:783-786.
- Thomson, P. 1994. “The lychee”, en: A. Villegas M. Memorias de la Primera Reunión Internacional y Segunda Nacional sobre Frutales Nativos e Introducidos con Demanda Nacional e Internacional. C.P. Montecillos, Estado de México, 41 p.
- Tyas, J. A, P. J. Hofman, S. J. Underhill and K. L. Bell. 1998. Fruit canopy position and panicle bagging affects yield and quality of ‘Tai So’ lychee. *Scientia Horticulturae* 72:203- 213.
- Underhill, S. J. R. 1992. Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp browning. Queensland, Australia. In: *Tropical Science* 32:305- 311.
- Valdivia, J., A. Trinidad S. and R. Muñoz A. 2010. Nutritional survey of lychee on the coast area of the gulf of México. *Acta Horticulturae* 863:413- 424.
- Wang, C. Y., H. Chen J., P. Jin, and H. Gao Y. 2010. Maintaining quality of litchi fruit with acidified calcium sulfate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58:8658–8666.
- Wang, J. B., X. Wang S. and Z. Jin Q. 2010. Enzymatic browning of postharvest litchi: A Review. *Acta Horticulturae* 863:613-614.
- Watson, B. J. 1984. Longan. In Chapter 26. Sapindaceae. Tropical tree fruits for Australia. P. E. Queensland Department of Primary Industries. Brisbane, Australia. 181 p.
- Wilkie, J. D. and M. Sedgely T. 2008. Olesen reglamento de flores iniciación a la horticultura árboles. *Diario de Botánica Experimental* 59:3215-3228.
- Yee, W. 1972. The lychee in Hawaii. University of Hawaii Cooperative Extension Service and Hawaii Agriculture Experiment Station. Circular No. 366. Hawaii, USA. 24 p.
- Zhang, D. L. and P. Quantick C. 1997. Effects of chitosan coating on enzymatic browning and decay during postharvest storage of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) Fruit. *Postharvest Biology and Technology* 12:195- 102.
- Zhou, B., H. Chen, X. Huang, N. Li, Z. Hu, Z. Gao and Y. Lu. 2008. Rudimentary leaf abortion with the development of panicle in litchi: changes in ultraestructure, antioxidant enzymes and phytohormones. *Scientia Horticulturae* 117:288- 292.

**CAPÍTULO III. PRODUCCIÓN DE LITCHI (*Litchi chinensis* Soon.) EN
DIFERENTES CONDICIONES AGROECOLÓGICAS Y DE MANEJO
EN LA REGIÓN NORTE DE VERACRUZ, MÉXICO**

RESUMEN

El litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) es un árbol frutal de clima subtropical que requiere condiciones climáticas específicas para expresar su máximo rendimiento, una disminución en las temperaturas en otoño-invierno favorece el inicio de la floración. El litchi es un cultivo que habitualmente presenta floración heterogénea y bajo amarre de fruto. El objetivo de esta investigación fue evaluar la floración y producción de cinco huertas de litchi en diferentes condiciones agroecológicas y de manejo, en el estado de Veracruz, México. Se trabajó con huertas contrastantes en ubicación y manejo, todas con árboles de litchi del cultivar Mauritius en producción. Se utilizó el diseño de bloques al azar, con 10 repeticiones y un árbol como unidad experimental. Las variables evaluadas fueron: longitud y diámetro de brotes vegetativos y reproductivos, porcentaje de floración, amarre de fruto y rendimiento. La altitud de las huertas varió entre los 7 a 340 msnm, las temperaturas mínimas oscilaron entre los 16.7 a 21.3 °C; las huertas Martínez y El Piñal presentaron la mayor floración 71.92 y 71.76 % respectivamente, en comparación a Tuxpan que presentó la menor (64.92 %), sin embargo, esta tuvo el mejor rendimiento (6.3 t ha⁻¹) y San Andrés el menor con 4.8 t ha⁻¹. De acuerdo a los resultados, la huerta de Tuxpan obtiene el mejor rendimiento, debido al completo sistema de nutrición, aplicación de podas anuales y sus características de suelos francos y Lechuguillas bajo un manejo orgánico mejora las condiciones nutrimentales del suelo, el vigor de los brotes, además que se logran cosechar rendimientos competitivos. Se concluye que el manejo agronómico y las condiciones agroecológicas inciden directamente en la floración y producción del fruto de litchi en el cultivar Mauritius.

Palabras clave: Temperatura, manejo, floración, rendimiento,

ABSTRACT

The litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) is a fruit tree of subtropical climate that requires specific climatic conditions to express its maximum performance, a decrease in temperatures in autumn-winter favors the beginning of flowering. The litchi is a crop that usually presents heterogeneous flowering and low fruit set. The objective of this investigation was to evaluate the flowering and production of five litchi orchards under different agro-ecological and management conditions in the state of Veracruz, Mexico. Contrasting orchards with location and management was used, all with litchi trees from the cultivar Mauritius in production. The random block design was used, with 10 repetitions and a tree as an experimental unit. The variables evaluated were: length and diameter of vegetative and reproductive shoots, percentage of flowering, fruit mooring and yield. The altitude of the orchards varied between 7 to 340 m, the minimum temperatures oscillated between 16.7 to 21.3 ° C; the orchards Martínez and El Piñal had the highest flowering 71.92 and 71.76 % respectively, compared to Tuxpan which presented the lowest (64.92 %), however, it has obtained the best yield (6.3 t ha⁻¹) and San Andrés the minor with 4.8 t ha⁻¹. According to the results, the Tuxpan orchard obtains the best yield, but not the best quality according to the obtained results and Lechuguillas under an organic management improves the nutrimental conditions of the soil, the vigor of the shoots and high yields are obtained. It is concluded that the agronomic management and the agroecological conditions directly affect the flowering and production of the litchi fruit in the cultivar Mauritius.

Key words: Temperature, management, flowering, yield.

3.1. INTRODUCCIÓN

El litchi (*Litchi chinensis* Sonn.), frutal de clima subtropical, es el único representante del género *Litchi* de la familia *Sapindaceae*, es una especie perennifolia que se desarrolla bien en las regiones subtropicales y tropicales (Zhou *et al.*, 2008; Yoon *et al.*, 2012). Se adapta bien a altitudes que oscilan entre los 0 a 500 m.s.n.m (Parra y Sepúlveda, 1986), con temperaturas que oscilan entre 20 y 35 ° C (Galán, 2007). Cuando una especie es alejada de su lugar de origen y clima ideal, mayor es el tiempo de adaptación y será necesario brindarle un manejo específico para que pueda expresar su potencial en floración y producción. La mayoría de los frutales tropicales y subtropicales tienen una amplia adaptación a diferentes suelos, el cultivo de litchi prefiere suelos franco arenosos, con buen drenaje y un pH entre 5 y 8 (Maldonado *et al.*, 2012; Prakash *et al.*, 2013).

La producción mundial de litchi en 2015 fue de 2,6 millones de toneladas (FAO, 2015). El continente americano alcanza apenas el 3 % de la producción mundial y México es el principal productor a nivel comercial en América Latina (Matsumoto, 2014), con una producción de 18,271.88 toneladas al año; los principales estados productores son Veracruz, San Luis Potosí, Oaxaca, Puebla, Sinaloa y Nayarit. Veracruz ocupa el primer lugar en superficie cultivada, en el último año se reportó una superficie de 1,720 ha, una producción anual de 9,223.47 toneladas con rendimientos promedio de 5.87 t ha⁻¹ (SIAP, 2016).

La floración es un proceso multifactorial, ampliamente estudiado, desde el punto de vista ecofisiológico y biofísico (Kinet, 1993; Bernier *et al.*, 1998). Se ha documentado que la planta de litchi requiere estar expuesta a temperaturas menores de 15 °C, en torno a 200 h, para que ocurra la inducción floral (García-Pérez y Martins, 2006). Menzel y Simpson (1993) sugieren que temperaturas menores a los 17 °C, favorecen la diferenciación de yemas reproductivas; además de que, a 20 °C durante un periodo de 45 días previos a la floración,

estimulan la formación de brotes florales, lo que favorece la producción de frutos (Mitra y Pathak, 2010); por otra parte, Aguas *et al.*, (2017) afirman que la floración en el cultivo de litchi está determinada por bajas temperaturas y tienen relación con la latitud y altitud donde se establezcan las plantaciones.

Con base en lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar la floración y producción de cinco huertas de litchi en diferentes condiciones agroecológicas y de manejo, en el estado de Veracruz, México.

3.2. MATERIALES Y MÉTODOS

3.2.1. Ubicación de zonas de estudio

Los huertos de litchi evaluados para esta investigación se encuentran distribuidos en las localidades de San Andrés, El Piñal, Lechuguillas, Tuxpan y Martínez, pertenecientes a los municipios de Coyutla, Vega de la Torre, Tuxpan y Martínez de la Torre; estos se encuentran ubicados en la región centro norte del estado con diferentes altitudes (7 a 340 msnm), por tanto, con temperaturas, humedad relativa y precipitación pluvial variable.

3.2.2. Material vegetal

Los huertos seleccionados se caracterizan por tener árboles en producción plena, entre 10 y 15 años de establecidos; todos con el cultivar *Mauritius*.

3.2.3. Temperaturas y precipitación pluvial

Los datos de temperaturas (máxima, media y mínima) y precipitación pluvial fueron obtenidos de las estaciones meteorológicas más cercanas a las localidades y registradas en la Comisión Nacional del Agua y Servicio Meteorológico Nacional; estas se encuentran

ubicadas los municipios de: Tuxpan (30229, 7 msnm), Vega de la Torre (30191, 25 msnm), Martínez de la Torre (30102, 89 msnm) y Coyutla (30355, 120 msnm).

3.2.4. Análisis de suelo

En cada huerto se realizó un muestreo de suelo en zig-zag para extraer dos muestras compuestas (12 submuestras) a una profundidad de 0 a 20 cm. Se analizaron características físico-químicas en el laboratorio agrícola MASTERLAB (Culiacán, Sinaloa).

3.3. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado en esta investigación fue un diseño de bloques al azar, cada localidad fue un tratamiento con 10 repeticiones y un árbol como unidad experimental. Se etiquetaron de forma aleatoria cinco brotes en cada orientación cardinal del árbol treinta días previos al inicio de floración, para un total de 20 brotes por árbol y un total de 200 brotes por huerto.

3.4. Variables evaluadas

3.4.1. Características de brotes vegetativos y reproductivos

Longitud de brote (cm), se midió la longitud total, con ayuda de una regla graduada; diámetro basal (mm) de brote, se midió con un vernier digital-HER 411; y se contó el número de hojas por brote. Longitud de inflorescencia (cm) se midió con una cinta métrica.

3.4.2. Porcentaje de floración

Al inicio de la floración y con ayuda de un marco de madera de 1 m², que se colocó en la parte media de la copa, en cada punto cardinal, se cuantificó: el número de brotes reproductivos y vegetativos, posteriormente se extrapoló en función del volumen de la copa de los arboles muestreados.

3.4.3. Amarre de frutos

Pasada la antesis se cuantificó el amarre inicial, primera y segunda caída de frutos (15, 30 y 45 días después de la antesis), se contaron frutos amarrados y por diferencia se estimó el porcentaje de caída de frutos. El amarre final se cuantificó cuando los frutos cambiaron a color rojo.

3.4.4. Producción y rendimiento

Con el total de frutos por racimo que llegaron a madurez comercial, el número de racimos por m² de copa, el peso medio del fruto de 17 g, de acuerdo con (Schwentenius, 2001), se estimó y extrapolo el rendimiento por árbol de acuerdo con el volumen de copa y por hectárea en función de la densidad de plantación. Además, durante la cosecha se pesó el rendimiento total por árbol, en cada localidad.

3.4.5. Manejo del cultivo

Para conocer el nivel técnico de manejo de las huertas, se realizó una entrevista a los productores, este instrumento de evaluación consideró: cultivar, labores culturales (riego, fertilización, podas, control de plagas y enfermedades, control de maleza), manejo reproductivo, manejo precosecha, cosecha, postcosecha y comercialización.

3.5. Análisis de datos

En el programa Microsoft Excel v. 2016 se elaboraron graficas sobre las diferentes variables, se capturó una base de datos para realizar un análisis de varianza y prueba de medias Tukey ($\alpha \leq 0.05$) con en el programa SAS v. 9.3 (Statistical Analysis System Inc, 2009).

3.6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 6 muestra la ubicación geográfica de las localidades, las cinco huertas se encuentran entre los 19° y 20° de Latitud Norte, y entre los 96° a 97° de Longitud Oeste. La temperatura media anual en las localidades osciló entre los 23.8 y 25.8 °C, las mínimas promedio fueron de 16.7 a 21.3 °C, el Piñal presentó la menor temperatura, debido a que se encuentra a mayor altitud (340 msnm); las huertas Lechuguillas, Tuxpan y Martínez tienen precipitaciones pluviales acumuladas de 1,368.4, 1,241.6 y 1,341.5 mm respectivamente, que son menores a lo ideal recomendado: no así, para la huerta Piñal que presenta hasta 3,010 mm. Todas las huertas muestreadas coinciden sobre la franja altamente productora en el mundo, entre los 19° y 24° de Latitud Norte (Mitra y Pathak, 2010). Diversos autores aseguran que con temperaturas promedio entre 16° y 20 °C en otoño-invierno se estimula una floración homogénea (Menzel y Simpson, 1993; Chen y Huang, 2001; Menzel *et al.*, 2002). Una alta precipitación pluvial y humedad durante floración, limita el desarrollo floral y la polinización (Batten y McConchie, 1995; Davenport y Stern, 2004). Mitra y Pathak (2010) aseguran que, con precipitaciones pluviales acumuladas de 1,600 mm, se favorece el crecimiento y desarrollo del árbol de litchi.

Cuadro 6. Ubicación geográfica, temperaturas, precipitación pluvial y altitud de cinco huertos del litchi.

| Huerta | LN | LO | Tmax °C | Tmed °C | Tmin °C | PP mm | Alt msnm |
|---------------|------------|------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|--------------------|
| San Andrés | 20°19'20'' | 97°36'33'' | 30.1 | 24.9 | 19.7 | 2,297.6 | 160 |
| El Piñal | 20°20'43'' | 97°40'09'' | 31.0 | 23.8 | 16.7 | 3,010.0 | 340 |
| Lechuguillas | 19°59'38'' | 96°35'12'' | 29.3 | 24.3 | 19.1 | 1,368.4 | 15 |
| Tuxpan | 20°54'51'' | 97°25'17'' | 30.4 | 25.8 | 21.3 | 1,241.6 | 7 |
| Martínez | 20°04'32'' | 97°08'18'' | 30.0 | 24.4 | 18.9 | 1,341.5 | 151 |

*Datos colectados de las estaciones meteorológicas más cercanas a las localidades evaluadas y geo-posicionadas con el GPSmap (Modelo: 76CSx, 2015). LN= Latitud Norte; LO= Longitud Oeste; Tmax= Temperatura máxima (°C); Tmed= Temperatura media (°C); Tmin= Temperatura mínima (°C); PP= Precipitación Pluvial (mm) y Alt= Altitud (msnm).

3.6.1. Características de brotes

Los resultados obtenidos del análisis de varianza mostraron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) entre huertas, para las variables diámetro, longitud de brote y número de hojas, siendo la huerta Lechuguillas estadísticamente superior respecto al resto de huertas (cuadro 7). Tuxpan y el Piñal no mostraron diferencias estadísticas para el tamaño de brotes y la huerta San Andrés mostró el menor diámetro y número de hojas, Caspari *et al.*, (1998), mencionan que la importancia de las hojas en los brotes vegetativos del cultivo de litchi se basa en la capacidad de sintetizar y exportar carbohidratos y reguladores de crecimiento.

Estos valores coinciden con los reportados por Aguas *et al.*, (2017) para el cv. Mauritius con diámetros de brotes de 4.6 a 5.4 mm, una longitud de 10 a 18 cm y de 5 a 7 hojas en la región

norte de Veracruz, por otra parte, Stern *et al.*, (1993) reportan que la inflorescencia del litchi puede tener una longitud de 10 a 25 cm en el cultivar Mauritius.

Cuadro 7. Características de brotes en arboles de litchi en cinco localidades.

| Huerta | Cultivar | Diámetro (mm) | Longitud (cm) | Número de Hojas |
|--------------|-----------|---------------|---------------|-----------------|
| San Andrés | Mauritius | 5.20 c | 15.46 ab | 5.20 c |
| El Piñal | Mauritius | 5.73 b | 14.58 bc | 5.73 b |
| Lechuguillas | Mauritius | 6.25 a | 15.52 a | 6.25 a |
| Tuxpan | Mauritius | 5.89 b | 13.79 c | 5.89 b |
| Martínez | Mauritius | 5.83 b | 15.89 a | 5.83 b |

Medias con la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha = 0.05$).

3.6.2. Porcentaje de floración

Las huertas situadas en Martínez, El Piñal y San Andrés presentaron un alto porcentaje de brotes florales de 71.92 %, 71.76 % y 70.51 % respectivamente, seguido por la huerta Lechuguillas con (69.58 %), y la de menor porcentaje fue la huerta Tuxpan (64.92 %) (Figura 6). Lo anterior coincide parcialmente con lo reportado por Aguas *et al.* (2017) que reportan que en huertos de producción media del cultivar Mauritius presentan porcentajes de brotes florales que oscilan entre los 39.43 y 71.63 %.

La huerta El Piñal y Martínez registraron la menor temperatura mínima promedio (16.7 y 18.9 °C), Chen y Huang, 2001 mencionan que con una temperatura promedio entre 16 a 20 °C en invierno induce una floración homogénea, lo cual prueba que bajas temperaturas inducen directamente a elevados porcentajes de brotes reproductivos, tal como se presentó en ambas huertas. De igual forma Menzel y Simpson (1993) mencionan que la floración es

heterogénea cuando hay temperaturas invernales mayores a los 20 °C tal es el caso de las huertas San Andrés, Lechuguillas y Tuxpan incidiendo directamente sobre la iniciación y diferenciación floral. La disponibilidad de nutrimentos en etapas críticas como la iniciación floral es determinante en la producción, Kumar (2010) menciona que una excesiva acumulación de nitrógeno provoca exceso de crecimiento vegetativo y una floración limitada. Factores ambientales, como temperatura, humedad, aireación y el pH del suelo inciden en la disponibilidad de nutrimentos, como así también en el proceso de mineralización, lo cual en condiciones de alta humedad el nitrógeno acumulado no está disponible para la planta, tal es el caso en la huerta Tuxpan que presenta inundaciones constantes por tal motivo la planta no dispone de éste elemento lo cual se vio reflejado en la escasa floración, por otra parte, condiciones de estrés hídrico en el suelo y altas temperaturas en etapa de brotación floral también provoca aborto de flores.

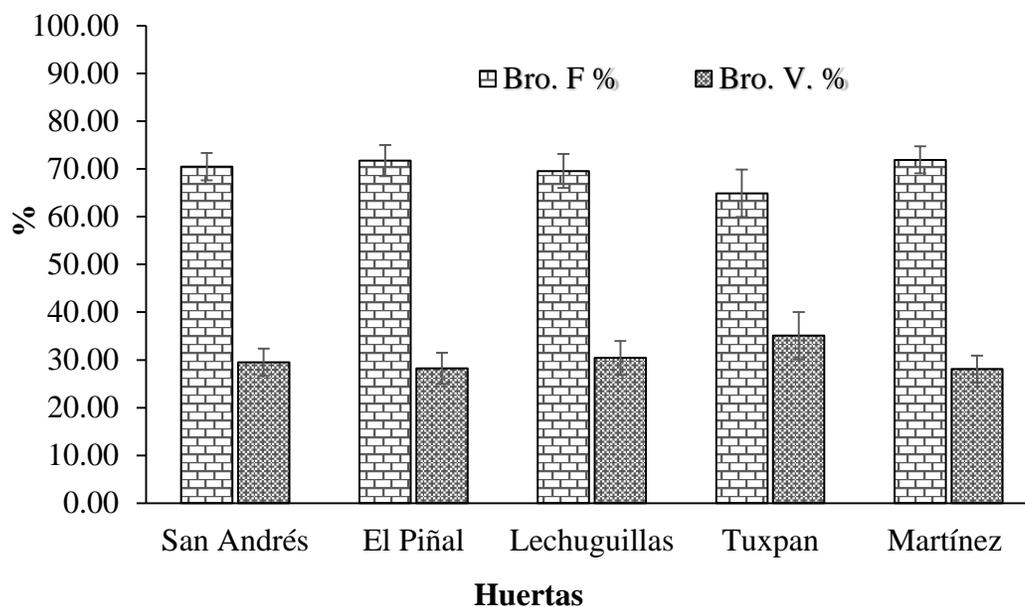


Figura 6. Floración y brotes vegetativos, en arboles de litchi, en cinco huertas con diferentes condiciones agroecológicas, año 2016.

3.6.3. Amarre de fruto y porcentaje de caída

Cuando se cuantificó el amarre inicial e intermedio, fueron las huertas de San Andrés y el Piñal, con valores de 15.2 y 15.01 frutos por racimo, siguiendo la misma tendencia para el amarre intermedio, disminuyó el número de frutos amarrados en un 28 % promedio para todas las huertas; para el amarre final los arboles presentaron entre 5 y 5.4 frutos por racimo de litchi en el cultivar Mauritius (Figura 7). De la Garza, (2004) reporta en el cultivar Mauritius un amarre final de 3 a 15 frutos por racimo. A pesar de que las huertas se encuentran en el rango de 5 a 6 frutos por racimo de amarre final, se ubican por abajo de lo reportado por Aguas *et. al.*, (2012), 7 frutos por racimo.

La falta de riego en etapas críticas, una nutrición adecuada y altas temperaturas en los meses de desarrollo y crecimiento del fruto ocasionan un estrés en el árbol, asociado al deficiente manejo preventivo de plagas y enfermedades, provocan un 66.79 % de caída de frutos. La enfermedad más común que se presenta en el cultivo de litchi es la antracnosis (*Colletotrichum gloesporioides*), afecta brotes florales y frutos en crecimiento provocando su caída (Coates *et al.*, 2005). Lo cual coincide con lo reportado por Mitra, *et al.* (2005), debido a caída excesiva de frutos la producción de litchi genera rendimientos bajos o irregulares. La paulatina caída de frutos es un fenómeno común en esta especie y dependerá de cada variedad, condiciones agroecológicas de establecimiento, aunado a la deficiencia de carbohidratos durante la etapa de amarre y cuajado de frutos (Gazit y Stern, 2003). Considerando lo anterior, el contenido nutrimental de las huertas estudiadas es deficiente, principalmente en macroelementos, siendo el fósforo (P) el que presente los valores más críticos; además de una marcada alternancia en la producción dentro de las huertas debido al nulo manejo de podas y el daño constante por plagas y enfermedades.

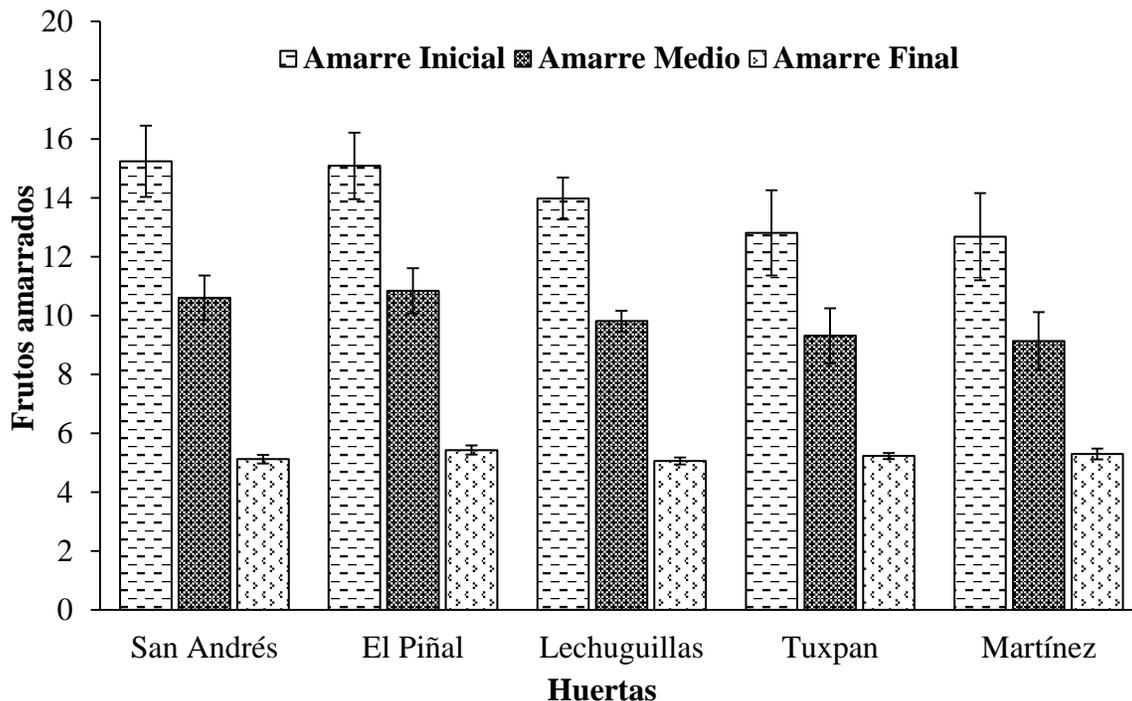


Figura 7. Amarre inicial, medio y final de frutos litchi del cultivar Mauritius.

3.6.4. Producción y rendimiento

En la Figura 8 se muestra el rendimiento estimado y real por huerta, Tuxpan presentó el mayor rendimiento (6.3 t ha^{-1}), seguido por la huerta Martínez (6 t ha^{-1}) y la huerta con menor rendimiento se ubica en localidad de San Andrés (4.8 t ha^{-1}), cabe destacar que la huerta Tuxpan compite con la media estatal de 6.76 t ha^{-1} (SIAP, 2016) y por está por encima del promedio mundial 3.1 t ha^{-1} (Menzel y Waite, 2005), en el año 2016 el Sistema de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera reportó en el estado de Puebla se presentó el rendimiento más alto (12.26 t ha^{-1}). Estos rendimientos son aceptables debido a que se ubican cerca de la media nacional 6.3 t ha^{-1} . La producción de litchi está limitada por diversos elementos e influenciada por factores bióticos y abióticos como altas temperaturas, presencia de lluvia en floración plena y problemas fitosanitarios (García-Pérez y Martins,

2006). La mayoría de las especies frutales requieren prácticas de manejo adecuadas para que puedan prosperar, el cultivo del litchi requiere condiciones peculiares, además de un manejo agronómico que, si no se realiza en tiempo y forma, no habrá buen rendimiento en cuanto a calidad y cantidad.

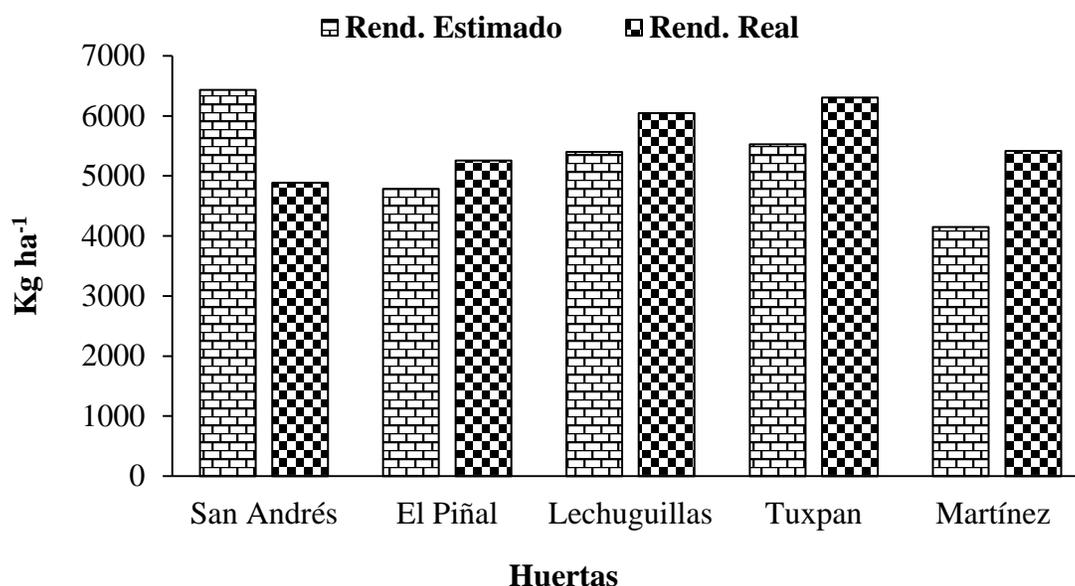


Figura 8. Rendimiento estimado y real de árboles de litchi cv. Mauritius en el año 2016.

3.6.5. Manejo del cultivo

En el Cuadro 8 se muestran las principales prácticas de manejo que se realizan en las cinco huertas, de estas cuatro bajo manejo convencional y una orgánica. Las densidades de plantación varían de 204 a 238 árboles por ha⁻¹; las localidades de San Andrés y Lechuguillas cuentan con sistema de riego por goteo, no así para el resto de las huertas (cultivo de temporal); el manejo de malezas, control de plagas y enfermedades y la fertilización es a base de compuestos químicos a excepción de la localidad de Lechuguillas, donde se realizan deshierbes o chapeos manuales, combinado con aplicación foliares de caldos sulfocálcicos y

la integración de lombricompostas. En cuanto a prácticas especiales como podas, anillados, manejo postcosecha de fruto y embalaje es variable en función de la disponibilidad de capital y las necesidades del mercado. Crane y Balerdi (2005) mencionan que la práctica de poda durante la etapa productiva es determinante, ya que garantiza una mejor exposición a la luz y permite una apropiada aireación y garantiza crecimiento y desarrollo de brotes reproductivos; además promueven la inducción de crecimiento, floración, formación, regeneración y sanidad (Huang, 2002). En cuanto a riego, Valdivia *et al.* (2010) sugieren que el litchi requiere de un periodo de déficit hídrico de hasta por 15 días en otoño, ya que esté promueve la inducción florar. Finalmente, Menzel (2002) menciona que el litchi requiere de nutrimentos esenciales y estos deben ser aportados en las cantidades adecuadas, en el momento oportuno, considerando los eventos fisiológicos y fenológicos del cultivo. De acuerdo a las evaluaciones sobre el manejo y a los resultados de los análisis de suelo; el amarre de frutos presentó variación entre huertas lo que se refleja directamente en el rendimiento.

Cuadro 8. Manejo del cultivo de litchi en cinco huertas del estado de Veracruz en el año 2016.

| Huerta Cultivar | S. Andrés | Piñal | Lechuguillas Mauritius | Tuxpan | Martínez |
|-----------------------------|------------------|--------------|-------------------------------|---------------|-----------------|
| Manejo agronómico | Convencional | Convencional | Orgánico | Convencional | Convencional |
| Control de maleza | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí |
| Poda | No | No | Sí | Sí | Sí |
| Sistema de riego | Sí | No | Sí | No | No |
| Fertilización | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí |
| Control sanitario | No | Sí | Sí | Sí | No |
| Anillado | No | No | Sí | No | No |
| Manejo Postcosecha | Sí | Sí | No | Sí | No |
| Tratamiento de Fruta | Sí | Sí | No | Sí | No |

3.6.6. Análisis de Suelo

De acuerdo al resultado de los análisis de suelo, las huertas de las localidades San Andrés, Lechuguillas y Martínez presentan niveles bajos de pH (4.6, 4.5 y 4.5 respectivamente), por abajo del nivel que tolera el cultivo; en cuanto a conductividad eléctrica varió entre 0.11 y 0.53 dS m⁻¹, Martínez y el Piñal los de menor y mayor valor. La huerta Lechuguillas presentó 18.4 ppm de nitrógeno, siendo la de mayor concentración (equivalente a 50.6 U de N ha⁻¹); caso contrario de la huerta San Andrés con 7.2 ppm (19.8 U de N ha⁻¹); para fósforo (P) la huerta el Piñal presentó la mayor concentración (4 ppm, equivalente a 11 U ha⁻¹), las otras cuatro huertas presentan cantidades altamente deficientes entre los 2.75 y 5.5 U de P ha⁻¹; en

cuanto al elemento potasio (K) según las muestras de suelo, las localidades Lechuguillas, Tuxpan y Martínez presentan niveles suficientes de potasio 20, 40 y 60 ppm.

La acidez afecta la actividad microbiana, restringe tanto la liberación de amonio como su oxidación a nitrato, aunado a la deficiencia de nutrimentos menores, por tanto, la producción de huertos con estas características es limitada (Li *et al.*, 2001); Menzel (2001) encontró que las deficiencias de N en litchi afectan el crecimiento de brotes, bajo porcentaje de floración y cuajado de frutos; por otra parte Kumar (2010) reporta que la dosis óptima para un huerto en producción es de 62.5 U de N ha⁻¹ y una excesiva acumulación de nitrógeno provoca exceso de crecimiento vegetativo y una floración limitada; todas las huertas en estudio no alcanzan los niveles óptimos de N; el fósforo (P) es un participante básico en casi todos los procesos de crecimiento y síntesis de compuestos constituyentes, en condiciones de deficiencia se retrasa la madurez del fruto, además de requerirse para la formación de semilla (Navarro y Gines, 2000), cabe destacar que ninguna de las huertas estudiadas alcanza los requerimientos nutrimentales reportados en literatura (130 U de P ha⁻¹) Cuadro 9. Kumar, (2010), por tanto se prevé que la deficiencia de este elemento provoca bajo amarre de fruto lo que se ve reflejado directamente en el rendimiento (Menzel *et al.*, 1992); Kumar (2010) reporta que huertos de litchi en producción plena, requieren de 50 U de K ha⁻¹ y las huertas de estudio con menor contenido de este elemento, aportan al cultivo alrededor de 2.75 U de K ha⁻¹ tanto que Martínez la de mayor concentración con 165 U de K ha⁻¹, alcanzando así el óptimo para el máximo potencial productivo de las plantas; la deficiencia de este elemento y agua limitan el desarrollo de los frutos, produciendo frutos de menor tamaño o mala calidad, lo que se verá reflejado en el rendimiento (Mitra y Pathak, 2010). La nutrición es un factor

considerado controlable dentro de un sistema de producción, ya que en litchi no hay datos específicos sobre dosis de fertilización, no se puede establecer con precisión un programa de nutrición balanceada que favorezca la obtención del máximo potencial de rendimiento (Diczbalis *et al.*, 2010).

| Huerta | pH | C.E. dS m-1 | N ppm | P ppm | K ppm | Textura | M.O. % |
|--------------|-----|----------------|----------|----------|----------|---------|-----------|
| San Andrés | 4.6 | 0.22 | 7.2 | 2.0 | 10 | Arcilla | 1.95 |
| El Piñal | 7.1 | 0.53 | 11.2 | 4.0 | 10 | Arcilla | 5.45 |
| Lechuguillas | 4.5 | 0.40 | 18.4 | 1.0 | 20 | Franco | 2.02 |
| Tuxpan | 6.1 | 0.27 | 14.4 | 2.0 | 40 | Arcilla | 2.69 |
| Martínez | 4.5 | 0.11 | 8.0 | 1.0 | 60 | Arenoso | 0.52 |

Cuadro 9. Características físicas y químicas del suelo en cinco huertas de litchi en el estado de Veracruz, año 2016.

pH= Potencial Hidrogeno; C. E.= Conductividad Eléctrica; N= Nitrógeno; P= Fosforo; K= Potasio y M. O.= Materia Orgánica.

3.7. CONCLUSIONES

Se concluye que el contrastante cambio de temperaturas, debido a la altitud y latitud, tiene influencia en la floración del cultivo de litchi en el cultivar Mauritius, ya que se existe una dependencia a las bajas temperaturas en otoño-invierno, lo cual se refleja directamente en la brotación floral, lo anterior explica los diferentes porcentajes entre huertas. Por otro lado, también se concluye que la producción en el cultivo de litchi depende de diversos factores agroecológicos como: deficiencias nutrimentales en el suelo y la disponibilidad de agua. Finalmente, un manejo agronómico incorrecto durante el desarrollo y crecimiento del fruto, afecta el rendimiento del cultivo.

3.8. LITERATURA CITADA

- Aguas, A. A., E. García-Pérez, y R. Ruiz O. 2017. Floración y fructificación de litchi en diferentes condiciones agroecológicas en Veracruz, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8: 621-633.
- Batten, D. J., and A. McConchie. 1995. Floral induction in growing buds of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) and mango (*Mangifera indica*). *Functional Plant Biology*. 22 p.
- Bernier, G. 1988. The control of floral evocation and morphogenesis. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 39:175-219.
- Caspari, H., W., A. Lang, and P. Alspach. 1998. Effects of girdling and leaf removal on fruit set and vegetative growth in grape. *American Journal of Enology and Viticulture* 49: 359-366.
- Coates, L., E. Zhou and Ch. Sittigul. 2005. Diseases. In: Menzel, C. M. And G. Waite K. (Eds.) *Litchi and Longan: Botany, Production and Uses*. CABI Publishing. 261-272.
- CONAGUA. (Comisión Nacional del Agua) <https://www.gob.mx/conagua>. (Consulta: 15 de enero, 2016).
- Crane, H., J., y C. Balerdi F. 2005. El lichi en Florida. University of Florida. Departamento de horticultura sciences, servicio de extensión cooperativa de la Florida, Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas USA. 7 p.
- Chen, H., and H. Huang. 2001. China litchi industry: Development, Achievements and problems. *Acta Horticulturae* 558:31- 39.
- Davenport, T., L., and R. Stern A. 2004. Flowering. In: CM Menzel and GK Waite (eds) *litchi and longan, botany, cultivation and uses*. CAB International Wallingford Oxon. 97-106.
- De la Garza, N., J., A. 2004. El litchi: Alternativa para la diversificación frutícola en la Huasteca Potosina. Folleto técnico No. 117. INIFAP. Huichihuayan, San Luis Potosí. México. 40 p.
- Diczbalis, Y. 2010. Farm and forestry production and marketing profile for Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). *Specialty crops for pacific island agroforestry*. Permanent Agriculture Resources. Holualoa, Ha, USA. 13 p.
- Galán S., V. 2007. Adaptación y desarrollo de frutales tropicales y subtropicales menores en España. *Acta de Horticultura* 48:360- 369.
- García-Pérez E. and A. B. Martins G. 2006. Floración y fructificación de litchi en función al anillado de ramas. *Revista Brasileira de Fruticultura* 28:491- 494.
- Gazit, S. and R. Stern. 2003. The reproductive biology of the lychee. *Horticultural Review* 28:393- 453.
- Huang, X. 2002. Lychee production in China. *The Lychee Crop in Asia and the Pacific*. Food and Agricultural Organization of the United Nations 5:41-54.
- Huang, X. M., H. C., Wang, W. Q Yuan, J. M. Lu, J. H. Yin, S. Luo, and H. B. Huang. 2005. A study of rapid senescence of detached litchi: roles of water loss and calcium. *Postharvest Biology and Technology* 36:177-189.
- Kinet, J. 1993. Environmental, chemical, and genetic control of flowering. *Horticultural*

- Review 15:279-334.
- Kumar, R., 2010. Evaluation of dynamic substrates under intergrated plant nutrient management affecting growth yield and quality of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) Acta Horticulturae 863: 443-448.
- Li, Y., T. Davenport L., R. Rao, and Q. Zheng. 2001. Nitrogen, flowering and production of lychee in Florida. Acta Horticulturae 558:221-224.
- Maldonado P., A. Trinidad, D. Téliz, V. Velasco y H. Volke. 2012. Respuesta del litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) a la fertilización con NPK en el norte de Oaxaca, México. Revista Fitotecnia Mexicana 35:251-258.
- Matsumoto, C., K. S. y M. Guevara J. 2014. Estudio de prefactibilidad. Fundación Produce, Oaxaca. 55 p.
- Menzel, C. 2001. The physiology of growth and cropping in lychee. Acta Horticulturae 558: 175-184.
- Menzel, C., G. Barry A. and D. Simpson R. 1992. Observations on the concentrations of soil nutrients in lychee orchards in sub-tropical Australia. Journal Southern African Society Horticultural Science 2:36- 40.
- Menzel, C. M. and D. Simpson R. 1993. Frutas de clima tropical: Frutos de *Sapindaceae*. Enciclopedia de la ciencia de los alimentos, food technology and nutrition. Eds. Macrae, Academic Press. Loundres. 108 p.
- Menzel, M. 2002. Lychee production in Australia. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Bangkok, Thailand. 14-27 p.
- Mitra S. K., L. Pereira S., P. Pathak K., and Majumdar D. 2005. Fruit abscission pattern on lychee cultivars. Acta Horticulturae 665: 215-218.
- Mitra, S. K., and P. Pathak K. 2010. Litchi production in the Asia-Pacific region. Acta Horticulturae 863: 29-36.
- Navarro, B. S. and N. Gines G. 2000. Química agrícola. Mundi-Prensa. España. pp. 488.
- Parra, H. H. and B. Sepúlveda J. 1986. The lychee (*Litchi chinensis* Sonn.), a new prospect for Mexican fruit growing. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 1: 1-5.
- Pathak, P., K. and S. K. Mitra 2010. Litchi production in the Asia-Pacific region. Acta Horticulturae 863: 29-36.
- Prakash, A. 2013. Changing pest scenario in rice. key-note address on rice, pest and climate change. North Bengal University, Darjeeling, West Bengal, India. 8-9 p.
- SAS. (Statistical Analysis System) 2009, Version 9.1.3. 2nd ed. SAS Institute Inc., Cary, N. C. USA. 150 p.
- Schwentesius, R. 2001. El litchi: La fruta más fina del mundo No. 04; SB379. L8, S2. SIAP. (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2016. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>. (Consulta: 13 de enero 2018).
- Stern, R. and S. Gazit. 2003. The reproductive biology of the lychee. Horticultural Review 28:393- 453.
- Stern, R., S. Gazit, R. El-Batsri and C. Degani. 1993. Pollen parent effect on outcrossing rate, yield and fruit characteristics of 'Floridian' and 'Mauritius' lychee. Journal of the American Society of Horticultural Science 118:109-114.
- Valdivia, J., A. Trinidad S. and R. Muñoz A. 2010. Nutritional survey of lychee on the coast area of the gulf of México. Acta Horticulturae 863: 413-424.
- Yoon, Y. Y., Y. Won K., and K. Ho K. 2012. Antiplatelet, anticoagulant and fibrinolytic effects of *Litchi chinensis* Sonn. extract. Reports of Molecular Medicine 5: 721-724.

Zhou, B., H. Chen X., N. Huang Li., Z. Hu Z. Gao., and Y. Lu. 2008. Rudimentary leaf abortion with the development of panicle in litchi: changes in ultrastructure, antioxidant enzymes and phytohormones. *Scientia Horticulturae* 117: 288-292

CAPÍTULO IV. CALIDAD DE FRUTOS DE LITCHI CV. MAURITIUS EN DIFERENTES CONDICIONES AGROECOLÓGICAS Y DE MANEJO, EN VERACRUZ, MEXICO

RESUMEN

Veracruz no cuenta con suficiente información sobre estudios físicos y químicos que determinen la calidad en frutos del cultivo de litchi, siendo el estado con mayor superficie sembrada y representando el 46 % a nivel nacional. Por tal razón, el objetivo de este trabajo fue evaluar parámetros de calidad sobre frutos de litchi del cultivar Mauritius en cinco

municipios ubicados en la región centro norte del estado de Veracruz. Se tomó ubicación de cinco huertas productivas que mostraron condiciones contrastantes en cuanto a clima y suelo. Se tomaron al azar 10 kg de fruto de cada huerta, las variables evaluadas fueron: longitud, diámetro, firmeza, componentes de fruto (pulpa, cascara y semilla), sólidos solubles totales (SST), acidez titulable (AT) y color de pericarpio ($^{\circ}$ Hue y Chroma). Se encontraron diferencias significativas en las variables evaluadas entre huertas ($P \leq 0.05$). La huerta Lechuguillas en Vega de la Torre fue estadísticamente superior para las variables peso, diámetro polar y ecuatorial de frutos, con valores de 20.34 g, 33.16 mm y 34.07 mm, respectivamente, de igual forma presentó mayor firmeza (224.47 N), sin embargo, presentó el menor contenido de SST (18.67 %), en comparación con la huerta el Piñal del Municipio de Coyutla, que presentó frutos con la mayor concentración de SST y AT (20.86 y 0.27 %). En cuanto a cantidad de pulpa y cáscara no se encontraron diferencias estadísticas, sin embargo, la huerta el Piñal a pesar de tener los mejores componentes de sabor, presenta el mayor tamaño de semilla (19.8 g) lo que refleja una desventaja para su comercialización; para color de la cascara no se encontraron diferencias significativas entre huertas. Las cinco huertas cumplen con el calibre de 20 mm de diámetro ecuatorial para exportación requeridos por la norma de calidad del CODEX Alimentarius. Se concluye que las condiciones agroecológicas y de manejo influyen en la calidad de fruto en el cultivar Mauritius.

Palabras clave: calidad, físico, químico, condiciones agroecológicas.

SUMMARY

Veracruz does not have enough information on physical and chemical studies that determine the quality of litchi fruit, being the state with the largest area sown and representing 46% nationwide. For this reason, the objective of this work was to evaluate quality parameters on litchi fruits of the cultivar Mauritius in five municipalities located in the north central region

of the state of Veracruz. It was used five location of productive gardens that showed contrasting conditions in terms of climate and soil. 10 kg of fruit were taken at random from each orchard, the variables evaluated were: length, diameter, firmness, fruit components (pulp, skin and seed), total soluble solids (SST), tituable acidity (AT) and pericarp color (Hue and Chroma). Significant differences were found in the variables evaluated among orchards ($P \leq 0.05$). The vegetable garden Lechuguillas in Vega de la Torre was statistically superior for the variables weight, polar and equatorial diameter of fruits, with values of 20.34 g, 33.16 mm and 34.07 mm, respectively, similarly showed greater firmness (224.47 N), however, presented the lowest SST content (18.67%), compared to the Piñal orchard of the Municipality of Coyutla, which presented fruits with the highest concentration of SST and AT (20.86 and 0.27%). Regarding the amount of pulp and husk, no statistical differences were found, however, the Piñal orchard, despite having the best flavor components, has the largest seed size (19.8 g), which reflects a disadvantage for its commercialization; for color of the skin no significant differences were found among orchards. The five orchards meet the caliber of 20 mm of equatorial diameter for export required by the quality standard of CODEX Alimentarius. It is concluded that the agroecological and management conditions influence the quality of fruit in the cultivar Mauritius.

Keywords: quality, physical, chemical, agro-ecological conditions.

4.1. INTRODUCCIÓN

El litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) es considerado uno de los frutos más finos del mundo. El árbol de litchi produce un fruto o drupa no climatérica con pericarpio delgado (1 a 3 mm), textura rugosa, un sabor agridulce, un aroma atractivo, alto contenido de calorías, la pulpa o arilo es de color blanco translucido que cubre la semilla (Nacif *et al.* 2001), color rosa, rojo

ladrillo y rojo brillante según el cultivar cuando este se encuentra en madurez comercial (Schwentenius y Gómez, 2001).

En el mundo existen cuatro centros de producción: Asia (India, Taiwán, China, Tailandia, Vietnam e Israel) Australia, Sur de África (Madagascar, Sudáfrica, Zimbabue, Mauricio y Reunión) y América (México, Brasil y Estados Unidos) (Matsumoto, 2014). México a pesar de su reducida superficie sembrada, es el principal productor a nivel comercial en América Latina, hoy en día se reporta un total de 3,738 ha, con una producción de 18,271 toneladas y un valor de la producción de 290,898 millones de pesos (SIAP, 2015).

El cultivo de litchi presenta alternancia en la producción y una marcada estacionalidad, pero debido a la alta diversidad de climas en el mundo, hay países que permiten alargar la oferta a cuatro meses, permitiendo hasta dos cosechas principales a nivel global, la primera entre mayo y junio en los países asiáticos al igual que en México y la segunda (diciembre y enero) para los países de África y Australia (Menzel, 2001).

La temporada está definida por las fechas de cosecha de cada región productora y el flujo del comercio. En ese sentido los países asiáticos y del norte de América la consideran una fruta de verano, mientras que en Europa se considera como fruta de invierno (Mitra *et al.*, 2005)

El fruto de litchi se consume mayormente en el mundo en fresco, aunque también se consume enlatado, seco, congelado o como ingrediente para una gran variedad de platillos y postres (Kabir *et al.* 2005), otra opción sería conservar la fruta en ambientes controlados y bien explorar otras alternativas con el enfriamiento por agua, encerado, atmósferas modificadas, entre otros (Pesis *et al.*, 2002).

La producción de litchi en las regiones centro-norte del estado de Veracruz se dio a inicios de los 80's; las primeras plantas de litchi llegaron a los municipios de Poza Rica, Tuxpan y Martínez de la Torre, mismos que hasta el día de hoy ocupan el 94 % de la superficie

sembrada en el estado de Veracruz (SIAP, 2015). El litchi en Veracruz se comercializa a nivel internacional, nacional, regional y local. Dentro de los principales países a los cuales México exporta fruta en fresco son: Estados Unidos, Canadá, Japón y China. A nivel nacional el fruto se distribuye principalmente a las centrales de abasto ubicadas en las ciudades de Guadalajara, Ciudad de México, Monterrey y Puebla, (Aguas *et al.* (2014), aunque una gran parte de la producción se vende a orillas de carretera como fruta fresca.

Dentro de los principales problemas que presenta el cultivo es la falta de información sobre el manejo postcosecha, lo que afecta directamente la vida de anaquel del fruto, oxidación rápida o pérdida de color, pérdida de agua (peso) y cuarteadura de pericarpio (Pereira y Mitra, 2004; Xu *et al.*, 2005); daños causados por patógenos como plagas y enfermedades (Campell, 2001; Chen y Huang, 2001) además de los elevados costos en cosecha, postcosecha y empaque (Ghosh, 2001; Xu *et al.*, 2005).

Veracruz ocupa el primer lugar en producción de litchi a nivel nacional, pero cuenta con pocos estudios sobre las características físicas y químicas del fruto, manejo postcosecha, diferencias entre cultivares en relación a la calidad y eventual aceptación por los consumidores. Está bien establecido por diferentes investigadores que la calidad del fruto depende de diversos factores, como el cultivar, el manejo de prácticas agrícolas, condiciones agroecológicas de los huertos y el manejo postcosecha. Por lo anterior es necesario contar con estudios de calidad en fruto de litchi que ayuden a determinar los estándares requeridos por el CODEX STAN 196-1995 para la comercialización. Por tal razón, el objetivo del reciente trabajo fue evaluar las características físicas y químicas de frutos de litchi del cultivar “Mauritius” cultivados en cinco huertas contrastantes, de la región centro-norte del estado de Veracruz, México.

4.2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en los ciclos de producción 2015-2016, se trabajó en cinco huertas del cultivar Mauritius, en función de condiciones específicas como: ubicación geográfica, precipitación pluvial, manejo agronómico, altitud sobre el nivel del mar, intervalo de edad de los árboles.

4.2.1. Material Vegetal

Las huertas evaluadas fueron del Cv. Mauritius, árbol con crecimiento indeterminado, de consistencia leñosa y con alta longevidad. Las huertas manejan una densidad de plantación que va de 214 a 224 plantas por hectárea y una edad que oscila entre los 10 y 15 años, todas las plantaciones están establecidas en marco real. La huerta Lechuguillas cuenta con sistema de riego y un sistema de manejo orgánico certificado, las otras huertas están bajo manejo convencional y sin riego (Cuadro 10).

Cuadro 10. Municipios de las huertas seleccionadas, cultivar y ubicación geográfica (datos tomados con GPS) y manejo del cultivo.

| Huerta | Cultivar | Latitud Norte | Longitud Oeste | Altura (msnm) | Manejo de cultivo |
|---------------|-----------------|----------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------|
| Martínez | ‘Mauritius’ | 20° 04' 55" | 97° 04' 50" | 151 | Convencional |
| San Andrés | ‘Mauritius’ | 20° 10' 15" | 97° 38' 39" | 160 | Convencional |
| Lechuguillas | ‘Mauritius’ | 19° 59' 40" | 96° 35' 12" | 15 | Orgánico |

| | | | | | |
|----------|-------------|-------------|-------------|-----|--------------|
| Tuxpan | ‘Mauritius’ | 20° 54' 58" | 97° 25' 29" | 7 | Convencional |
| El Piñal | ‘Mauritius’ | 20° 46' 44" | 97° 70' 25" | 340 | Convencional |

4.2.2. Toma de muestra

La colecta de fruta, se realizó en el mes de junio en ambos ciclos de evaluación, cuando los frutos alcanzaron madurez fisiológica, con un rojo tenue, característico del cultivar. De cada huerta se dio seguimiento a los 10 árboles, a los que se les cosechó 2 kg de fruta por árbol, obteniendo una muestra total de 20 kg. Los frutos se colocaron en bolsas de papel con plástico, se guardaron en una hielera especial para ser transportados al laboratorio. Se tomaron 200 frutos al azar para determinar las variables físicas y químicas.

4.2.3. Tamaño

Se midió el diámetro longitudinal (mm) desde la base al ápice del fruto y el diámetro ecuatorial (mm) sobre la parte media, con un vernier digital-HER 411.

4.2.4. Peso

Peso del fruto (g) se midió con una báscula de precisión de mostrador BAPRE 3 y se registró el peso de cada fruto.

4.2.5. Peso de cascara, semilla y pulpa

Se pesó el fruto completo (g), posteriormente se separó el peso de la semilla, pulpa y cascara, con una balanza de precisión marca BAPRE 3, el peso total del fruto se consideró como 100% y se calcularon las proporciones de cada componente.

4.2.6. Firmeza

Se determinó con un texturómetro (Wagner, modelo FDV-30), con puntal cónico de 5 mm, se realizaron dos punciones en la parte media del fruto, donde se registró la resistencia en Newtons.

4.2.7. Color

Se determinó utilizando el colorímetro Hunter Lab Reston Virginia USA Modelo D-25 PC2 con sistema CIELab, se calibró el colorímetro con una placa de porcelana blanca, después se realizó la lectura en la parte media de cada fruto y se registraron los valores X - Y - Z, posteriormente se realizó la conversión a L*, a*, b*) conforme a la metodología de Wyszecki y Stiles (1982). Las ecuaciones aplicadas fueron ángulo °Hue = $\tan^{-1} (a^*/b^*) * 180/3.1416$ y Chroma = $\text{Raíz} ((a^*)^2 + (b^*)^2)$, según la metodología descrita por López y Gómez en 2004.

4.2.8. Acidez titulable

Se determinó mediante la metodología propuesta por la AOAC (1990). Para lo cual se tomaron 5 g de arilo de cada fruto, se licuó en 50 mL de agua y se tomó 10 mL de la solución, se tituló utilizando NaOH al 0.01 N como neutralizador y 3 gotas de fenolftaleína (1 %) como indicador. El cálculo del porcentaje de ácido se realizó con base en el ácido málico, el cual predomina en el fruto de litchi según Ketsa y Klaewkasertkorn (1995). Esta variable se obtuvo con la siguiente formula:

$$\% \text{ ac. Málico} = \frac{(\text{mLNaOH gastados}) (\text{N NaOH}) (\text{meq}) (100)}{\text{g de muestra}}$$

Donde:

N: Normalidad

Meq: Miliequivalentes del ácido que se encuentra en mayor proporción (ácido málico= 0.0675)

NaOH: Hidróxido de sodio

4.2.9. Contenido de sólidos solubles totales

Se utilizó un refractómetro digital (Img.2). Se calibró con agua destilada y se colocaron unas gotas de jugo de litchi. El refractómetro digital reportó la medida en grados Brix°.

4.2.10. Relación SST/AT o índice de madurez

Se calculó dividiendo los sólidos solubles totales entre la acidez titulable.

4.2.11. Análisis de datos

Los datos obtenidos en laboratorio se integraron en una hoja de cálculo y el análisis estadístico se realizó en el programa SAS v. 9.3. (Statistical Analysis System Inc., 2009). Las variables se analizaron con base en un diseño experimental completamente al azar, donde se realizó un Análisis de Varianza y la prueba de medias Tukey ($P \leq 0.05$).

4.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.3.1. Características físicas del fruto

En las cinco huertas para el ciclo 2015 de evaluación, se presentan diferencias significativas, las localidades El piñal y Martínez presentaron los frutos más grandes con valores de 23.98

y 23.93 g respectivamente; en el mismo año, la huerta Lechuguillas y Tuxpan produjeron los frutos más pequeños con un promedio de 20.99 g, como se muestra en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Características físicas del fruto de litchi, cv. Mauritius en cinco huertas en diferentes localidades en el estado de Veracruz, 2015

| Huerta | Peso (g) | Diámetro Radial (mm) | Diámetro Ecuatorial (mm) |
|---------------|---------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| San Andrés | 22.44 b | 32.38 a | 28.65 b |
| El Piñal | 23.98 a | 32.63 a | 28.62 b |
| Lechuguillas | 21.04 c | 31.84 a | 31.78 a |
| Tuxpan | 20.95 c | 31.92 a | 27.82 b |
| Martínez | 23.93 a | 32.34 a | 27.93 b |

Medias con letras iguales en la misma columna no son estadísticamente diferentes, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Para el año 2016 hubo diferencias significativas entre huertas, de acuerdo a los análisis estadísticos, la huerta Lechuguillas presentó los frutos de mayor peso (20.34 g), cabe destacar que esta huerta tiene un manejo orgánico y presentó las mejores características de tamaño del fruto al igual que la huerta San Andrés, esta última con valores de 32.84 y 34.35 mm de diámetro radial y ecuatorial, como se muestra en el Cuadro 12; en ambos ciclos de evaluación Tuxpan presentó los frutos más pequeños, con un peso de 16.58 g.

Los datos anteriores concuerdan con Aguas *et al.* (2014) en un estudio de producción en el estado de Veracruz. En México para el cultivar Mauritius se reporta peso medio del fruto de 23 g y medidas de 30 a 42 mm de diámetro ecuatorial y radial (Aquino *et al.*, 2010); sin embargo la disponibilidad de agua ya sea por temporal o riego es determinante en estas características, observando que las huertas que se encuentran a mayor altura y por tanto una mayor precipitación o bien la aplicación de riegos en el caso de la huerta Lechuguillas

acumulan una alta cantidad de agua durante el desarrollo del fruto reflejándose en las dimensiones de los mismos.

Cuadro 12. Características físicas del fruto de litchi, Cv. Mauritius en cinco huertas en diferentes localidades en el estado de Veracruz, 2016.

| Huerta | Peso (g) | Diámetro Radial (mm) | Diámetro Ecuatorial (mm) |
|---------------|---------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| San Andrés | 18.09 b | 32.84 a | 34.35 a |
| El Piñal | 17.57 bc | 32.01 c | 32.88 b |
| Lechuguillas | 20.34 a | 33.16 a | 34.07 a |
| Tuxpan | 16.58 c | 32.55 a | 31.74 c |
| Martínez | 18.08 b | 31.32 c | 32.63 bc |

Medias con letras iguales en la misma columna no son estadísticamente diferentes, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

4.3.2. Componentes del fruto

Para el ciclo 2015, fue la huerta ubicada en Martínez la que presentó mayor proporción de pulpa con un valor de 79.54 %, además de tener la menor proporción de semilla y cascara, siendo estadísticamente superior con respecto al resto de los huertos; también se observa (Figura 9 y 10) que las huertas el Piñal y San Andrés presenta baja proporción de pulpa y se incrementa el peso de la semilla hasta en un 21 %, dando una característica desfavorable para su comercialización; con respecto a la proporción de cascara, Lechuguillas y Tuxpan presentan valores altos (11.62 y 11.01 %), lo que podría significar de manera relativa una mayor tolerancia a la pérdida de agua. Para el ciclo 2016, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a proporción de arilo o pulpa en frutos, oscilando los valores entre 72.77 y 75.97 %, no así para el tamaño de semilla, siendo los frutos

provenientes de la huerta el Piñal los de mayor proporción (19.8 %), aunque su proporción de cáscara disminuye; puesto que el grosor de la cáscara es una característica favorable para la pérdida de agua del fruto, fueron los frutos cosechados de las huertas de Lechuguillas, San Andrés y Martínez los que mayor grosor presentaron.

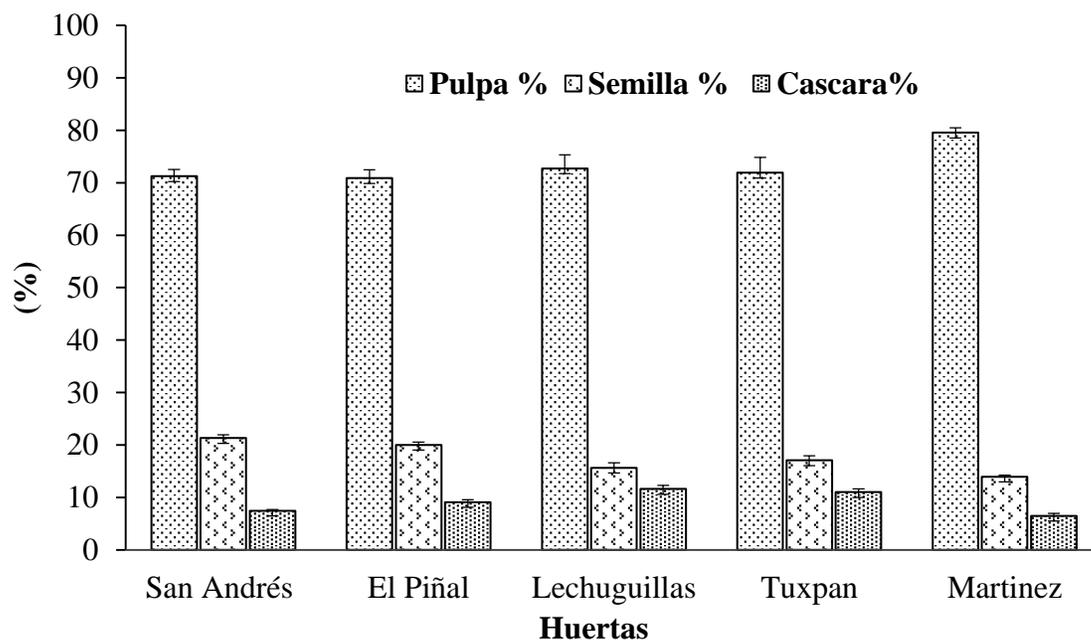


Figura 9. Proporción pulpa, semilla, cáscara (%), en frutos de litchi Cv. Mauritius, en cinco localidades en el estado de Veracruz, 2015.

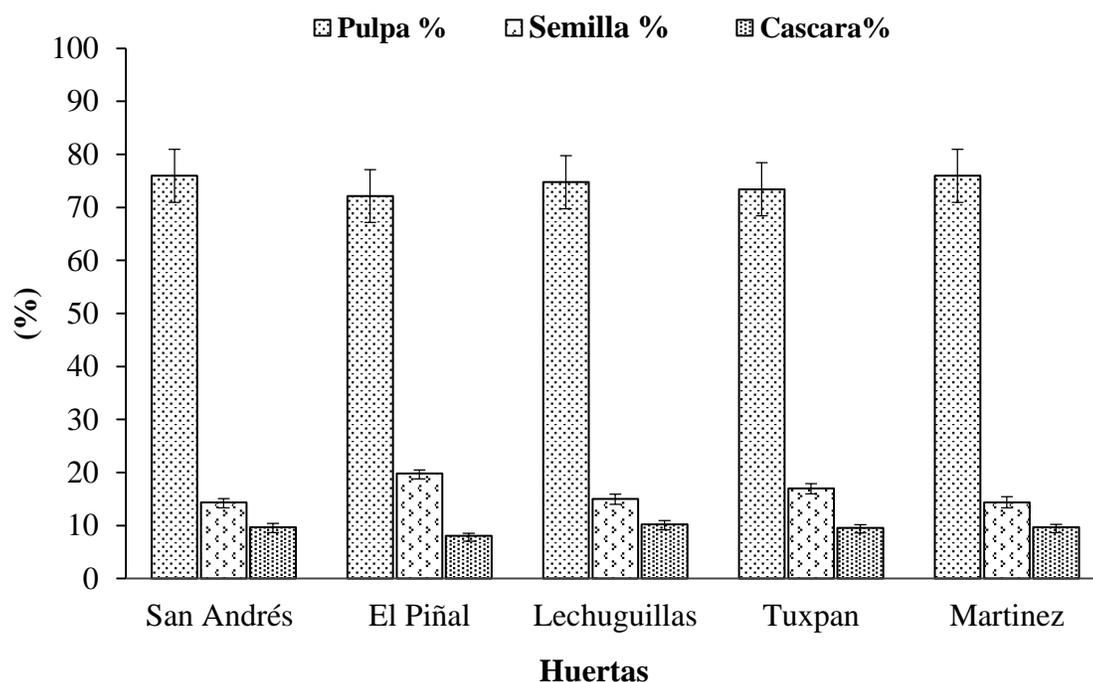


Figura 10. Proporción de pulpa, semilla, cáscara (%), en frutos de litchi Cv. Mauritius, en cinco localidades en el estado de Veracruz, 2016.

En el cultivar Mauritius los frutos de litchi pueden pesar entre 12 y 25 g y llegan alcanzar de 3 a 5 cm de largo y 3 a 4 cm de diámetro, la pulpa (arilo) ocupa el mayor porcentaje de peso y representa el 71 % (Menzel, 2002). Los datos también coinciden con lo reportado por Rindermann *et al.* (2001) quienes aseguran que el cultivar Mauritius presenta una proporción de pulpa por arriba del 71 %; sin embargo, la proporción de semilla respecto al peso total del fruto no coincide con lo reportado por Aguas *et al.* (2014) quienes encontraron que la proporción de semilla para frutos de litchi en la zona centro- norte de Veracruz oscila entre los 9.6 y 13.3 %; lo anterior podría explicarse debido a que se encontraron valores por debajo de la literatura en cuanto a grosor de cascara ya que Holcroft y Mitcham (1996), en el cultivar Mauritius, aseguran que la proporción de cascara se encuentra entre 14 y 16 % y la semilla de 11 a 14 % del peso del fruto. Los frutos con semillas abortadas son un poco más pequeñas

que los de semilla normal, ocupando el arilo el hueco dejado por aquella. En consecuencia, son preferidos, pues contienen una mayor proporción de pulpa, características que presenta algunas variedades en el mundo (Nakasone y Paul, 1998), sin embargo, en esta investigación no fue frecuente esta situación.

4.3.3. Parámetros de calidad del fruto

Para el ciclo 2015, al evaluar la firmeza de los frutos de las huertas muestreadas, no se encontraron diferencias estadísticas, oscilando valores entre 249.6 y 223.1 Newtons; en cuanto a la variable color, con un ángulo °Hue de 28.18° y 25.94 de cromaticidad, indican que los frutos de la huerta Tuxpan, presentan un color de la cáscara más intenso, lo que lo hace un fruto con mayor atractivo visual para el consumidor, no así para los frutos de la huerta San Andrés donde sus valores de °Hue y Chroma sugieren frutos con un color de menor intensidad; sin embargo a pesar de que la huerta San Andrés no refleja un buen atractivo en su color, tiene los mayores contenidos de SST y AT (20.13 y 0.23), al igual que los frutos de la huerta el Piñal (19.93 y 0.22) (cuadro 13), siendo el sabor una característica determinante para el mercado, considerando que la intensidad del sabor de un fruto está dada por la relación que existe entre el contenido de azúcares y la acidez del fruto.

En el ciclo 2016, fueron los frutos de la huerta Lechuguillas los que presentaron mayor firmeza (224.47 N), en cuanto a color de frutos no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para las variables ángulo °Hue y Chroma, lo que sugiere una uniformidad del color rojo; nuevamente fueron las huertas San Andrés y el Piñal las que presentaron los mayores porcentajes de SST (21.26 y 20.86 %, respectivamente). En cuanto a AT fue el Piñal el que presenta el mayor porcentaje (0.27). Finalmente, para la relación

SST/AT o índice de madurez, fueron los frutos de la huerta San Andrés los de mayor valor (100.6) (cuadro 14).

Cuadro 13. Características físicas y químicas del fruto de litchi Cv. Mauritius en cinco huertas en el estado de Veracruz, 2015.

| Huerta | F.F. (N) | C.A.M. °Hue | P.C. Chroma | SST °Brix | AT (%) | SST/AT (I.M.) |
|---------------|---------------------|------------------------|------------------------|----------------------|-------------------|--------------------------|
| San Andrés | 244.10 a | 33.95 a | 29.45 a | 20.13 a | 0.23 ab | 83.70 a |
| El Piñal | 249.60 a | 32.23 ab | 22.47 b | 19.93 a | 0.22 b | 91.00 a |
| Lechuguillas | 232.00 a | 29.68 ab | 25.71 ab | 18.67 c | 0.29 a | 71.30 a |
| Tuxpan | 235.20 a | 28.18 b | 25.94 ab | 19.09 b | 0.20 b | 94.51 a |
| Martínez | 223.10 a | 32.17 ab | 23.87 b | 18.55 c | 0.25 ab | 80.66 a |

Medias con letras iguales en la misma columna no son estadísticamente diferentes, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), F.F. = Firmeza de Fruto (Newton), C.A.M. = Color Angulo de Matiz, P.C. = Pureza del Color, SST = Sólidos Solubles Totales, AT = Acidez Titulable, SST/AT= Sólidos Solubles Totales/Acidez Titulable (Índice de Madurez).

Los sólidos solubles totales están constituidos por un 80 a 95% de azúcares y el resto se encuentra asociado con los mismos disueltos en el jugo celular (Osterloh *et al.*, 1996). D'Innocenzo *et al.*, 2001; Vallilo *et al.* 2005, afirman que la cantidad de azúcares depende de múltiples factores: la variedad, el rendimiento asimilatorio de las hojas, la relación hoja/fruto, las condiciones climáticas, el estado de desarrollo y la madurez.

Cuando se encontraron diferencias estadísticas en la firmeza del fruto, esta podría ser influenciada por las altas temperaturas que se presentan en la huerta y la baja humedad relativa ambiental favoreciendo un fenómeno de desecación, lo que explicaría el incremento en la firmeza durante la exposición a estas condiciones y de acuerdo con Underhill y Simons (1993), la deshidratación del pericarpio ocurre en dos etapas: primero se produce una pérdida de agua por lenticelas y regiones dañadas de la cutícula, principalmente en

el vértice de las protuberancias de la superficie rugosa del fruto; después, debido a cierto grado de deshidratación, ocurre un micro-agrietado que inicia en las protuberancias y continúa radialmente por toda la superficie del pericarpio, lo que favorece la pérdida de humedad, quiere decir que entre más humedad pierde el fruto mayor firmeza presenta. El factor genético y las condiciones ambientales desempeñan un papel importante en el desarrollo y calidad del fruto entre ellos el color (Tyas *et al.*, 1998). En la variable relación sólidos solubles totales los valores están sobre (71.30 y 100 Ratio) los cuales no coinciden con Vacaro *et al.* (2010), reportó una media de 61.7 ratio en litchi, esta relación explica que entre menos sólidos solubles más acidez titulable, claramente refleja que en todas las localidades evaluadas la maduración de frutos se efectúa en diferentes fechas. Por lo tanto, cuando el fruto alcanza el punto óptimo de cosecha, es porque la concentración de sólidos totales es alta, la acidez titulable es mínima, además, los frutos cambian la coloración de verde a rojo, criterio que, según López y Rodríguez (1995), indica la madurez de consumo. La relación SST/AT, es una de las formas más utilizadas para la evaluación del sabor, siendo más representativa que la medición aislada de azúcares o de la acidez titulable (Tressler y Joslyn, 1961). Los datos obtenidos en esta evaluación concuerdan con Chitarra y Chitarra (2005), relatan que, con la maduración, la mayoría de los frutos pierde rápidamente la acidez, y con Brody (1996), el cual demuestra en sus trabajos que el contenido de ácidos orgánicos, con pocas las excepciones, tienden a disminuir con la maduración de los frutos, como consecuencia del proceso respiratorio o de su conversión en azúcares. Wills *et al.* (1981) también explica que esta reducción en la acidez, generalmente es debido al consumo de los ácidos o de la conversión en Azúcares, pues los mismos se consideran reserva de energía y se utilizan en la actividad metabólica, en el proceso de maduración. Al respecto, Chitarra *et al.* (2005) afirman que a medida que los frutos maduran, parte de los sólidos solubles se

transforman en azúcares simples, como glucosa, fructosa y sacarosa, generando aumento en los contenidos de sólidos solubles. Sin embargo, el fruto litchi muestra valores superiores en sólidos solubles totales y en acidez titulable, lo que la convierte en una fruta más dulce y menos ácida, ésta característica le da un sabor muy agradable y genera una gran aceptación entre los consumidores. Autores afirman la importancia de la relación entre SST y ATT en el sabor del fruto y del jugo, cuando el fruto tiene un contenido alto de azúcares, el nivel de los ácidos debe ser mínimo para su industrialización.

Cuadro 14. Características físicas y químicas del fruto de litchi Cv. Mauritius en cinco huertas en el estado de Veracruz, 2016.

| Huerta | F.F. (N) | C.A.M. °Hue | P.C. Chroma | SST °Brix | AT (%) | SST/AT (I.M.) |
|---------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| San Andrés | 187.01 b | 37.10 a | 30.62 a | 21.26 a | 0.22 bc | 100.60 a |
| El Piñal | 175.65 c | 39.58 a | 30.79 a | 20.86 a | 0.27 a | 79.76 c |
| Lechuguillas | 224.47 a | 39.53 a | 30.89 a | 18.67 c | 0.25 ab | 81.86 c |
| Tuxpan | 197.40 b | 36.24 a | 31.04 a | 19.71 b | 0.22 c | 95.10 ab |
| Martínez | 187.89 b | 40.97 a | 30.46 a | 19.08 bc | 0.22 bc | 88.30 bc |

Medias con letras iguales en la misma columna no son estadísticamente diferentes, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), F.F.= Firmeza de Fruto (Newton), C.A.M.= Color Angulo de Matiz, P.C.= Pureza del Color, SST= Sólidos Solubles Totales, AT = Acidez Titulable, SST/AT= Sólidos Solubles Totales/Acidez Titulable (Índice de Madurez).

4.4. CONCLUSIONES

Las condiciones agroecológicas y de manejo agronómico influye de manera directa sobre la calidad de fruto, siendo la altura sobre el nivel del mar, la textura, la disponibilidad de materia orgánica en el suelo, la precipitación anual acumulada y el manejo de podas los principales factores que afectan los parámetros de calidad del litchi, principalmente tamaño, peso, color y sabor. Sin embargo, todas las huertas evaluadas cumplen con los parámetros requeridos para su exportación, aunque es necesario evaluar tecnologías postcosecha que permitan prolongar la calidad hasta el consumidor final.

4.5. LITERATURA CITADA

- Aguas A. A., E. García-Pérez, R. Ruiz O. y A. Trinidad S. 2014. Calidad de fruto de litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) producido en el estado de Veracruz, México. Revista Fitotecnia Mexicana 37: 373-380.
- Aquino, B. E. N., R. Corona V., A. Villegas C., I. Reyes S., N. Güemes V., A. D. Hernández F. and E. Mercado S. 2010. Effect of storage temperature and time on quality in minimally processed litchi fruit (*Litchi chinensis* Sonn.). Journal of Food Quality. 33:299-311.
- Brody, A.L. 1996. Envasado de alimentos en atmósferas controladas, modificadas y al vacío. Acribia, Zaragoza. 220 p.
- Campbell, R.J., C. Campbell W. 2001. Longan evaluation and selection in Florida. Acta Horticulturae 558:125-127.
- Chen, H. and H. Huang. 2001. China litchi industry: Development, Achievements and problems. Acta Horticulturae 558: 31-39.
- Chitarra, M.I. y A. Chitarra, B. 2005. Postcosecha de frutos y hortalizas. Fisiología y Manejo. Segunda Edición. Lavras 535 p.
- D'Innocenzo, M. and F. Lajolo M. 2001. Effect of gamma irradiation on softening changes and enzyme activities during ripening of papaya fruit. Journal of Food Biochemistry 5: 425-438.
- Ghosh, S. P. 2001. World trade in litchi: Past, Present and Future. Acta Horticulturae 58: 23-30.
- Holcroft, D. M. and E. J. Mitcham. 1996. Postharvest physiology and handling of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). Postharvest Biology Technology 9: 265-281.
- Kabir, J., Roychoudhury R., S. Ray K., R. Dhua S. 2005. Harvesting lychee fruits. Acta Horticulturae 665: 338-344.
- López A. and P. Gómez. 2004. Comparison of color index for tomato ripening. Horticultura Brasileira 22:534-537.
- López, M. y J. Rodríguez. 1995. Diagnóstico del mercadeo de la champa en el municipio de Mira-flores, Boyacá. Instituto de Educación Abierta y a distancia. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja. 86 p.

- Matsumoto, C. K. S., y M. Guevara J. 2014. B. Estudio de prefactibilidad. Fundación Produce, Oaxca. 55 p.
- Menzel, C. M. 2002. Overview of lychee production in the Asia-Pacific region. In: Lychee production in the Asia-Pacific region. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Thailand. 128 p.
- Menzel, C.M. 2001. La fisiología del crecimiento de los cultivos y lichi. Acta de Horticultura, Wageningen. 558: 175-184.
- Mitra, SK; Dutta, RSK. 2005. Los avances en la producción y la investigación de litchi en la India. Acta de Horticultura, Wageningen. 665: 47-52.
- Nacif, S. R., A. Paoli A. S. and L. Salamão C. C. 2001. Morphological and anatomical development of the litchi fruit (*Litchi chinensis* Sonn. cv. Brewster) Fruits. Paris. 56: 225-233.
- Nakasone, H. Y. and Paul, R. 1998. Tropical Fruits. CAB International. USA. 445 p.
- Osterloh, A., G. Ebert, W. Held, H. Schulz und E. Urban, 1996. Lagerung von Obst und Südfrüchten..Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, Germany 253 p.
- Pereira, L. S. and S. Mitra K. 2004. Studies on fruit growm and development of litchi cultivars Bombai, China, Deshi and Early Large Red. Horticultural Journal, Mohanpu 17: 115-124.
- Pesis, E, O. Dvir, O. Feygenberg A., R. Ben M. and Ackerman A. Lichter. 2002. Production of acetaldehyde and ethanol during maturation and modified atmosphere storage of litchi fruit. Postharvest Biology and Technology, 26: 157-165.
- Rindermann, S. R. y G. Cruz. M. 2001. El litchi. La fruta más fina del mundo. Segunda Edición. Mundí-prensa. México. 144 p.
- SIAP. 2015. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. México. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>. (Consulta en línea 13 de enero 2017).
- Tressler, D. J., and M. Joslyn, A. 1961. Fruits and vegetable juice processing. Westport: Connecticut AVI:1-028.
- Tyas, J.A., P. Hofman J., S. Underhill J.R. and K. Bell L. 1998. Fruit canopy position and panicle bagging affects yield and quality of ‘Tai So’ lychee. Science Horticulture 72: 203–213.

- Underhill, S. J. R. Critchley, C. 1993. Physiological, biochemical and anatomical changes in lychee (*Litchi chinensis* Soon.) pericarp during storage. *Journal of Horticultural Science* 68:327-335.
- Vacaro, de S., A., V. Lopes R. y P. Pace L. G. 2010. Influência do tratamento térmico na qualidade de lichias refrigeradas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 10 p.
- Vallilo, M. I., M. Garbelotti L., E. Oliveirao D. and L. Lamardo C. A. 2005. Características físicas e químicas dos frutos do cambucizeiro (*Campomanesia phaea*). *Revista Brasileira de Fruticultura* 27: 241-244.
- Xu, X., Wu, Z., Chen, W., and Su, M. 2005. Effect of low temperature on relative enzyme activity and membrane peroxidization of lychee fruits. *Acta Horticulture*. 665: 359-364.

4.6. ANEXOS

Anexo 1. Cuestionario para medir el nivel tecnológico en las cinco huertas de litchi en el estado de Veracruz.



Colegio de Postgraduados
Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas
Fruticultura

Ing. Juan Antonio Salazar Vicente

03 de diciembre del 2015.

NIVEL TECNOLÓGICO DE LA HUERTA PARA LA PRODUCCIÓN DE LITCHI

ASPECTOS GENERALES

Nombre del productor: _____

Domicilio de la huerta: _____

Municipio: _____ Localidad: _____ Estado: _____

Superficie Sembrada: _____ Cultivar Sembrado: _____

EVALUACIÓN DE LAS HUERTAS EN CAMPO.

TIPO DE PRODUCCION

a) Orgánico b) Convencional c) ambos

SISTEMA DE RIEGO

¿Cuándo lo aplica?

¿Época de Aplicación?

¿Cuántas veces por día aplica el riego?

¿Tipo de sistema si es que usan riego?

FERTILIZACION

¿Qué fertilizantes aplica?

¿Cómo los aplica?

¿Cuándo los aplica?

¿Cuántas veces por semana, mes, año?

¿Es foliar o granular?

¿Dosis que comúnmente usan durante el año?

CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

¿Cuáles son las plagas más comunes que se les presentan?

¿Cuáles son las enfermedades más comunes que se les presentan?

¿Qué productos aplica para el control?

¿En qué forma lo aplica?

ANALISIS DE SUELO

¿Realizan análisis de suelo?

¿Cuántas veces por año?

¿Conocen el nivel de pH, conductividad eléctrica? Si lo saben ¿cuáles son sus datos?

LABORES CULTURALES Y PODAS

¿Cuáles son las labores culturales que realizan?

¿Cada cuánto tiempo las realizan?

¿Realizan podas de formación?

¿De qué manera las realizan?

¿Realizan deshierbe?

¿Cada cuando se realiza?

¿Usan químicos, manual o es mecánico?

¿Si usan herbicidas que productos usan?

DENSIDAD DE PLANTACION

¿Qué densidad de plantación tiene la huerta? Distancia entre planta, entre surco,

¿Qué tipo de ubicación tiene la huerta

a) Norte- Sur b) Esté-Oeste c) No se tomó en cuenta al momento de siembra.

SE REALIZA INDUCCION A FLORACION

¿Aplican productos químicos para inducir floración?

¿Qué tipo de productos aplican y que dosis aplican en que momento del año?

EPOCA DE COSECHA

¿Cómo se realiza la cosecha?

¿Cuánto dura la época de cosecha?

¿Cuáles son los parámetros que usan para la cosecha?

¿Realizan manejo postcosecha, usan productos, que productos usan?

Anexo 2. Encuestas de evaluación en campo.

| ENCUESTA DE EVALUACIÓN AL PRODUCTOR, PARA DETERMINAR EL NIVEL TECNOLÓGICO DE MANEJO DEL CULTIVO. | | | | | |
|---|--------|------------|----------|----------------------|--------------|
| Nivel tecnológico en el cultivo de litchi en cinco huertas del estado del Veracruz en el año 2016 | | | | | |
| Huerta Evaluada. | Tuxpan | San Andrés | El Piñal | Martínez de la Torre | Lechuguillas |
| Cultivar | | | | | |
| Manejo Agronómico | | | | | |
| Control de maleza | | | | | |
| Poda | | | | | |
| Fertilización | | | | | |
| Control de Plagas y Enfermedades | | | | | |
| Anillado | | | | | |
| Manejo Postcosecha Selección de Fruta. | | | | | |
| Transporte en Frio. | | | | | |
| Métodos de Cosecha. | | | | | |
| Rendimiento (t) | | | | | |
| Monitoreo de Temperaturas. | | | | | |

Anexo 3. Fotografía de árboles de litchi del cultivar Mauritius en las huertas de la región centro-norte del estado de Veracruz en los años 2015-2016.



Anexo 2.1 Inflorescencias del árbol de litchi cultivar Mauritius en la huerta Piñal, Coyutla, Veracruz.



Anexo 2.2 Árboles de litchi del cultivar Mauritius en la huerta Lechuguillas, Vega de la Torre, Veracruz.



Anexo 2.3 Inflorescencia de litchi cultivar Mauritius en la huerta Lechuguillas, Vega de la Torre, Veracruz.



Anexo 2.4 Árboles de litchi en plena floración del cultivar Mauritius en la huerta Martínez de la Torre, Veracruz.



Anexo 2.5 Árboles de litchi del cultivar Mauritius en plena floración en la huerta Tuxpan, Veracruz.



Anexo 2.6 Árbol de litchi del cultivar Mauritius en plena producción en la huerta Piñal, Coyutla, Veracruz.