



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS VERACRUZ

POSTGRADO EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES

**INTERACCIÓN GENOTIPO-AMBIENTE SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LITCHI EN
LAS REGIONES CENTRO Y NORTE DEL ESTADO DE VERACRUZ**

ARISTARCO AGUAS ATLAHUA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

TEPETATES, MANLIO FABIO ALTAMIRANO, VERACRUZ
2012


La presente tesis titulada: **Interacción genotipo-ambiente sobre la producción de litchi en las regiones centro y norte del estado de Veracruz**, realizada por el alumno: **Aristarco Aguas Atlahua**, 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

AGROECOSISTEMAS TRÓPICALES

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



Dr. Eliseo García Pérez

ASESOR:



Dr. Antonio Trinidad Santos

ASESOR:



Dr. Octavio Ruiz Rosado

Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, 13 de diciembre de 2012

INTERACCIÓN GENOTIPO-AMBIENTE SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LITCHI EN LAS REGIONES CENTRO Y NORTE DEL ESTADO DE VERACRUZ

Aristarco Aguas Atlahua, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2012

El cultivo de litchi (*Litchi Chinensis* Sonn.) presenta fuerte alternancia de producción, ya que se estableció en diferentes zonas sin considerar los requerimientos climáticos de la especie. El objetivo fue evaluar la interacción genotipo-ambiente, en las fases de floración y fructificación, conocer las prácticas de manejo y determinar la calidad de fruto en huertas de litchi de la zona centro y norte del estado de Veracruz. Se seleccionaron seis huertas representativas, cinco con el cv 'Mauritius' y una con el cv 'Brewster'. Se marcaron 10 árboles para contar brotes florales y vegetativos. Se registró la temperatura media diaria y se utilizó un diseño completamente al azar con cinco repeticiones. Se registraron las siguientes variables: floración, fructificación, prácticas de manejo y calidad de fruto, dentro de esta se midió longitud, diámetro, firmeza, peso de fruto y componentes (pulpa, cáscara y semilla), sólidos solubles totales (SST), acidez titulable (AT), color de pericarpio en pureza de color (Chroma) y tono de ángulo (°Hue). Hubo diferencias significativas en las variables evaluadas entre huertas y cultivares ($P \leq 0.05$). La altitud de las huertas varió de 7 a 732 msnm, las temperaturas mínimas variaron de 13.56 °C a 18.10 °C, lo que influyó en la respuesta y época de floración, la huerta de Tuxpan presentó mayor floración 71.63 %. Para la calidad de fruto entre cultivares, 'Brewster' fue superior en color de ángulo de matiz y pureza de color ($P \leq 0.05$). Para los componentes del fruto, los valores fueron similares para las huertas con el cv 'Mauritius'. La comparación de valores medios entre cultivares, 'Brewster' fue superior en porcentaje de cáscara y semilla. Se concluye que huertas de Tuxpan y Yecuatla ubicadas a mayor latitud norte son más promisorias para el cultivo de litchi.

Palabras clave: *Litchi chinensis*, genotipo-ambiente, temperatura, floración, producción, calidad de fruto.

EFFECT OF GENOTYPE-ENVIRONMENT INTERACTION ON THE PRODUCTION OF LITCHI IN THE CENTRAL AND NORTHERN REGIONS OF THE STATE OF VERACRUZ, MEXICO

Aristarco Aguas Atlahua, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2012

The cultivation of litchi (*Litchi chinensis*) represents a strong shift in production management, because it was established in different zones without considering the climatic requirements of the species. The objective was to evaluate genotype-environment interaction during periods of flowering and fruit production to improve management practices and to determine the quality of fruit in litchi orchards in the central and northern parts of the state of Veracruz, Mexico. Six representative orchards were selected, five with cv 'Mauritius' and one with cv 'Brewster'. Ten trees were marked to count floral and vegetative buds. Average daily temperature was recorded. A completely randomized design with five replications was used. Average daily temperature was recorded and the following variables were assessed: flowering, fruit production, management practices and fruit quality. For fruits, the length, diameter, firmness, weight of the fruit and its components (pulp, shell and seeds), total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), pericarp color as color purity (Chroma) and hue angle ($^{\circ}$ Hue). There were significant differences between orchards and cultivars for the variables measured ($P \leq 0.05$). The altitude of the orchards ranged from 7 to 732 msnm, the minimum temperatures ranged from 13.56 $^{\circ}$ C to 18.10 $^{\circ}$ C, and these influenced the tree responses and period of flowering. The Tuxpan orchard had the greatest flowering (71.63%). For fruit quality among cultivars, 'Brewster' was superior in hue angle and in color purity. For the fruit components, the values were similar among orchards for cv 'Mauritius'. When comparing the mean values between cultivars, 'Brewster' produced a higher percentage of shell and seeds. The Tuxpan and Yecuatla orchards located in the northern portion of the state of Veracruz, Mexico, are more promising for litchi cultivation.

Key Words: *Litchi chinensis*, genotype-environment, temperature, flowering, production, fruit quality.

DEDICATORIA

A DIOS:

Te agradezco por haberme dado la vida y permitirme alcanzar una más de mis metas en lo profesional. De igual manera por poner personas valiosas en el momento preciso y oportuno para llegar a ser una persona de bien en la vida.

A MIS PADRES

Tomás: Por tus consejos y el carácter que me inculcaste para enfrentarme a la vida y ser mejor cada día, por el esfuerzo de trabajar arduamente a pesar de tu edad y brindarme lo mejor que puedes.

Inés: A ti que siempre creíste en mí, la que siempre me apoyo en las buenas y en las malas, la que siempre oró por el bien mío. Mamá en verdad muchas gracias por toda tu comprensión y el trabajo que tuviste que hacer para poder sacarme adelante, porque nunca dejas de trabajar para darme lo mejor que puedes. Eres una mamá ejemplo para las personas que te conocen.

A ustedes padres que me han heredado el tesoro más valioso que puede dársele a un hijo: **amor**. A quienes sin escatimar esfuerzo alguno, han sacrificado gran parte de su vida para formarme y educarme. A quienes la ilusión de su vida ha sido convertirme en persona de provecho. A quienes nunca podré pagar todos sus desvelos, ni aún con las riquezas más grandes del mundo. No existen palabras ni acciones para expresar todo mi agradecimiento hacia ustedes, por lo cual les viviré eternamente agradecido. Mis eternos y queridos viejos. Gracias Pa, gracias Ma.

A MIS HERMANOS:

José, Benito, Tomás, Emilio, Alejandro y Rosa Irene: Gracias por su apoyo y compañía que me han brindado para ser mejor cada día, por creer en mí y ayudarme de manera moral y económicamente a que yo terminará con éxito una etapa más de mi vida profesional.

A MIS SOBRINOS:

Que siempre me han brindado su apoyo, Jenny, Citlalli, Valeria, Luis Alejandro, Abraham, Bryan Gibran y Arantza por ser su tío ejemplo, como ellos me dicen.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE GENERACIÓN

Gracias por la amistad brindada durante esta etapa de mi formación, en el Colegio de Postgraduados. Compañeros de generación quiero decirles que aprendí mucho de ustedes, a través de sus conocimientos obtenidos a lo largo de su vida y que compartieron conmigo en clase, en los pasillos, en cubículos, en seminarios, en las fiestas, en los viajes de estudio, etc.

Reyna, Gloria Isela, Andrés, Nicolás, Mara, Alba, Gloria Angélica, Yadira, Vero, Estela, Paty, Mayra y Manuel. Gracias a cada uno y cada una de ustedes.

Aunque no fueron compañeros de mi generación son mis grandes amigos de la maestría, porque me ayudaron con sus consejos y amistad brindada durante mi formación, a ellos que siempre me brindaron su casa sin conocerme y creer en mí, Gracias Rafita, Payo, Lupita, Ismael, Gervasio, Iván, Lluvia, Lucero, Aurelio y Gregorio. Con una mención especial a mi compañera Griselda que compartimos horas y horas en la escritura de tesis.

A Pablo Guntin, un gran amigo cubano, que compartimos parte de la cultura de nuestros países, durante su estancia en México.

*Desde estas páginas, un recuerdo muy especial para todos y todas que serán siempre
parte de mi vida.*

Aristarco Aguas Atlahua

¡Gracias!!!

AGRADECIMIENTOS

A los millones de Mexicanos que pagan sus impuestos en tiempo y forma y que a través del **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** (CONACYT), he recibido el apoyo económico para realizar mis estudios de postgrado.

Al Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz destacando el programa de Agroecosistemas Tropicales, a través del cual concluí mi formación académica de maestría.

A la **LPI-2 Agroecosistemas Sustentables** del Colegio de Postgraduados por las facilidades otorgadas para la investigación de tesis.

A mi consejero de tesis el **Dr. Eliseo García Pérez**, por su excelente y constante apoyo en este trabajo de investigación que hoy culmina. Dr. Gracias por la amistad brindada durante mi estancia en el CP, donde me permitió tratarlo como amigo y académico, le brindo mi admiración y respeto por su invaluable ayuda.

A mis asesores de tesis al **Dr. Antonio Trinidad Santos** y al **Dr. Octavio Ruiz Rosado**, por todo su tiempo dedicado a este trabajo de investigación, donde sus aportaciones y sabios consejos fueron fundamentales para la conclusión del mismo. Así como también haberme tenido paciencia en la redacción de la tesis.

Muy especialmente al **M. en C. Mario Felipe Herrera Tenorio** y la **Dra. Araceli Montiel Flores** que pese a que no pudieron formar parte de mi consejo, siempre me estuvieron apoyando, les agradezco mucho haber depositado su confianza en mí, por sus asesorías, palabras de aliento y sus sabios consejos brindados durante mi formación de postgrado.

A todos mis profesores de postgrado: a quienes agradezco sus enseñanzas y experiencias compartidas en aulas. Con una mención especial al **Dr. Catarino** que a pesar de que no fue parte de mi consejo siempre me apoyo en las dudas de

mi investigación. Al **Dr. Juan Pablo Martínez**, que es una persona que brinda todo sin recibir nada a cambio. A pesar de la diferencia de edades me orientó y motivo a continuar con mi preparación y por confiar siempre en mí. No puedo dejar de mencionar mi agradecimiento para el **Dr. W. Bruce Campbell** por el apoyo en la traducción de los resúmenes.

A mis compañeros y amigos del curso de **CTH-623 Métodos de Análisis de los Agroecosistemas**, quienes me apoyaron para llevar a cabo ciertas entrevistas con productores de litchi, que a su vez formaron parte de mi trabajo de investigación, así como también la parte de toma de muestra de suelo en las huertas de litchi. Gracias: Reyna, Mara, Edel, Lorena, Nicolás y Will.

Al personal de apoyo y administrativo del Campus Veracruz, que con sus labores han permitido que lograra una más de mis metas: Rosario, Laura, Faby, Sofía, Norma, Marisela, Ángeles, Andrés, Jesús, Juan Manuel, Chuy, Maribel, Benita, Tomasa, Petra, Lalo.

Gracias a cada uno y cada una de ustedes que laboran en la institución y que juntos logramos construir esta sinergia, esta casa nuestra casa COLEGIO DE POSTGRADUADOS, Campus Veracruz.

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1. Planteamiento del problema y pregunta de investigación.....	3
2. Objetivos.....	4
3. Hipótesis.....	4
4. Revisión de literatura.....	5
4.1. Marco teórico conceptual.....	5
4.2. Sistema.....	5
4.3. El concepto de Agroecosistema (AES).....	5
4.4. Interacción genotipo-ambiente.....	7
4.5. Horas Frio.....	8
5. Marco de referencia.....	8
5.1. Producción y distribución geográfica de litchi.....	9
5.2. El cultivo de litchi (<i>Litchi chinensis</i> Sonn.).....	13
5.3. Taxonomía y botánica.....	14
5.4. Calidad del fruto de litchi.....	19
5.5. Requerimientos del cultivo.....	21
5.6. Manejo del cultivo.....	25
5.7. Síntesis de revisión de literatura y marco de referencia.....	32
6. Literatura citada.....	33

CAPÍTULO 1. FLORACIÓN Y FRUCTIFICACIÓN DE LITCHI EN SEIS LOCALIDADES CONTRASTANTES EN EL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO.....	43
1.1. Introducción.....	46
1.2. Materiales y métodos.....	47
1.3. Resultados y discusión.....	50
1.4. Conclusiones.....	66
1.5. Literatura citada.....	67
CAPÍTULO 2. CALIDAD DE FRUTO DE LITCHI (<i>Litchi chinensis</i> Sonn.) EN EL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO.....	70
2.1. Introducción.....	73
2.2. Materiales y métodos.....	75
2.3. Resultados y discusión.....	78
2.4. Conclusiones.....	84
2.5. Literatura citada.....	85
CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y CONCLUSIONES GENERALES.....	88
Recomendaciones.....	90
Anexos.....	91

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Principales países productores de litchi a nivel mundial y cultivares predominantes en orden alfabético (Mitra, 2006; Sivakumar, 2007).....	10
Cuadro 2. Superficie y producción de litchi en México (SIAP, 2010).....	11
Cuadro 3. Superficie y producción de litchi en nueve estados de la república mexicana (SIAP, 2010).....	12
Cuadro 4. Superficie y producción de litchi en Veracruz.....	13
Cuadro 5. Principales diferencias entre los distintos tipos de flores de litchi.....	16
Cuadro 6. Composición del fruto de litchi por 100 gramos de una porción comestible.....	21
Cuadro 7. Condiciones climáticas ideales para el cultivo de litchi.....	23
Cuadro 8. Temperaturas en diferentes huertas de litchi en el estado de Veracruz.....	51
Cuadro 9. Ubicación geográfica, climas y floración en diferentes huertas de litchi en el estado de Veracruz.....	52
Cuadro 10. Características de los brotes de litchi en los cultivares 'Mauritius' y 'Brewster' en seis huertas del estado de Veracruz en el año 2010.....	55
Cuadro 11. Características físicas y químicas del suelo en seis huertas de litchi en el estado de Veracruz.....	61

Cuadro 12.	Prácticas de manejo en seis huertas de litchi en el estado de Veracruz en el año 2010.....	65
Cuadro 13.	Localidades y municipios de las huertas seleccionadas, tipo de cultivar presente y ubicación geográfica.....	76
Cuadro 14.	Características físicas del fruto de litchi de los cultivares 'Mauritius' y 'Brewster' en el estado de Veracruz 2010.....	79
Cuadro 15.	Parámetros de calidad del fruto de litchi de los cultivares 'Mauritius' y 'Brewster' en el estado de Veracruz 2010.....	81

LISTA DE FIGURAS

		Página
Figura 1.	Tipos de flores en una inflorescencia de litchi (<i>Litchi chinensis</i> Sonn.).....	17
Figura 2.	Ubicación geográfica de las huertas de litchi en el estado de Veracruz, con ayuda del programa Google Earth®	48
Figura 3.	Árboles de litchi en floración en el ciclo 2009-2010.....	53
Figura 4.	Relación porcentaje de floración y la temperatura mínima (°C) de las seis huertas evaluadas en el estado de Veracruz, durante el ciclo 2009-2010.....	54
Figura 5.	Características de un brote floral y uno vegetativo en la huerta Lechuguillas, Veracruz 2010.....	56
Figura 6.	Porcentaje de brotes florales y vegetativos en el cultivo de litchi en huertas del estado de Veracruz.....	57
Figura 7.	Valor medio de frutos de litchi por racimo, después del amarre y previos a ser cosechados en los cultivares 'Mauritius' y 'Brewster'.....	58
Figura 8.	Fructificación de litchi en los cultivares 'Mauritius' A y 'Brewster' B.....	59
Figura 9.	Semillas de los cultivares de litchi 'Brewster' y 'Mauritius'.....	79
Figura 10.	Frutos de litchi de los cultivares 'Brewster' y 'Mauritius' en huertas del estado de Veracruz.....	82
Figura 11.	Componentes del fruto de litchi (%), de las seis huertas evaluadas en los cultivares 'Mauritius' y 'Brewster' en el estado de Veracruz.....	83

INTRODUCCIÓN GENERAL

En México, según información, 44.7 millones de la población se encuentra en el umbral de la pobreza (Székely, 2005; Romani, 2006). En parte, esto se debe a los bajos precios y poco valor que tienen los cultivos tradicionales más importantes del país. En las zonas rurales del estado de Veracruz los cultivos económicamente importantes son café, caña de azúcar, maíz, cítricos, mango, papaya y plátano por mencionar algunos; los cuales se encuentran normalmente en situaciones difíciles para la producción y comercialización, que afecta de manera significativa el nivel de vida de la población rural. Ante esta problemática, se han buscado alternativas de diversificación, entre las que se encuentra la producción de frutales exóticos, como el litchi.

El litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) pertenece a la familia Sapindácea, que comprende por lo menos 125 géneros y 1000 especies, distribuidos en las zonas tropicales y subtropicales del mundo (Mitra y Pathank, 2010). El litchi es un árbol originario del sur de China, principalmente de la Provincia de Guandong, donde se ha cultivado por 3,500 años (Holcroft y Mitcham, 1996) y se caracteriza por la producción de frutos de color rojo intenso y sabor agradable (Galán y Menini, 1987; Hu *et al.*, 2010).

El cultivo comercial de litchi fue limitado a China y Vietnam antes del siglo XVII y se extendió a otros países con climas tropicales y subtropicales en los últimos 400 años (Huang *et al.*, 2005). En México el litchi se introdujo 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 los últimos veinte años se presentó un aumento significativo en la superficie sembrada de 400 a 3,370.94 hectáreas, sobresaliendo los estados de Veracruz, Oaxaca, San Luís Potosí, Hidalgo y Puebla (Rindermann y Gómez-Cruz, 2001; De la Garza, 2003). El incremento en la superficie plantada es el resultado de la demanda de fruto en los mercados de Estados Unidos, Canadá y la Unión Europea, además de promover su consumo en el mercado nacional (Osuna *et al.*, 2008).

En el estado de Veracruz se cuenta con una superficie de 1,548.75 hectáreas. Los cultivares predominantes son 'Mauritius' (racimo rojo) y 'Brewster' (ralo rojo), que tienen requerimientos semejantes y por tanto florecen en la misma época del año, la cosecha se da en los meses de mayo y junio.

Al ser un cultivo comercial relativamente nuevo en México, existe poco conocimiento de los productores sobre el manejo del mismo; esto trae como consecuencia problemas en precosecha, cosecha y postcosecha, que se refleja en la calidad del fruto, lo que limita la comercialización y por consiguiente afecta la rentabilidad del cultivo. Además no se cuentan con parámetros de calidad del fruto de litchi para en el estado de Veracruz, que permitan establecer los estándares de calidad para los diferentes mercados.

Las plantaciones de litchi en Veracruz están en zonas con clima tropical (Aw) (García, 1988), donde con frecuencia se presentan temperaturas altas en otoño-invierno, lo que en varios años limita la floración, presentando el problema de alternancia en la producción, que es una característica de algunos cultivares. Herrera *et al.* (2009) afirman que esta especie prospera en climas subtropicales o ambientes semicálidos, aunque con frecuencia y posiblemente de manera errónea, se le considera como una especie tropical o de clima cálido. Por la heterogeneidad orográfica que posee el país y en particular el estado de Veracruz, existen áreas adecuadas para el establecimiento de huertos de litchi, solo hay que hacer los estudios necesarios.

En el estado de Veracruz no se cuenta con un estudio de zonificación agroecológica para el establecimiento de huertas comerciales de litchi, que sirva de referencia para las plantaciones de esta especie para garantizar su adaptación, a través de la interacción genotipo-ambiente y potencializar su desarrollo y producción. Si este enfoque se utilizara antes de establecer plantaciones, se puede disminuir la alternancia de producción que provoca bajos rendimientos y es causa del desanimo de los productores.

Por tanto el presente trabajo tuvo como objetivo estudiar la interacción genotipo-ambiente del cultivo de litchi, principalmente en las fases de floración, fructificación y calidad de fruto en seis huertas contrastantes de la zona centro y norte del estado de Veracruz.

1. Planteamiento del problema y pregunta de investigación

Para abordar el problema, a través de un enfoque holístico, se busca entender lo que sucede en el Agroecosistema, considerando al cultivo de litchi como un componente más del mismo, en cada una de sus dimensiones.

Dimensión Físico-biológico: el litchi es una especie que requiere de condiciones edafoclimáticas específicas para tener un desarrollo favorable. Las bajas temperaturas previas a la iniciación floral son fundamentales para inducir brotes florales en el cultivo. *Dimensión Técnico-productivo:* el escaso conocimiento del cultivo por parte de los productores en cuanto a las prácticas de manejo de la especie, limita el rendimiento y la calidad de fruto. *Dimensión Socio-económica:* hace falta conocer y aplicar tecnologías apropiadas en el manejo poscosecha y así conservar la calidad del fruto. *Dimensión Político-cultural:* falta de asesoría técnica, generación de paquetes tecnológicos del cultivo, transferencia de tecnología y organización de los productores para que puedan vender sus cosechas a mercados nacionales e internacionales, a mejores precios.

Partiendo de que el cultivo de litchi es un componente más dentro del agroecosistema, se plantea la pregunta de investigación: ¿Cómo se da la interacción genotipo-ambiente del cultivo de litchi en la zona centro y norte del estado de Veracruz, en relación a los niveles de floración, fructificación, calidad de fruto y prácticas de manejo de las huertas?

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Evaluar la interacción genotipo-ambiente, en las fases de floración y fructificación del cultivo de litchi, conocer las prácticas de manejo y determinar la calidad de fruto en huertas de las regiones centro y norte del estado de Veracruz, México.

2.1.1. Objetivos particulares

- 1 Estudiar la relación de temperaturas y características del suelo con los niveles de floración y fructificación de litchi, en seis huertas contrastantes.
- 2 Determinar las características físicas y químicas del fruto de litchi de los cultivares 'Brewster' y 'Mauritius'.
- 3 Conocer las prácticas de manejo y su relación con la floración y fructificación de litchi.

3. Hipótesis

3.1. Hipótesis general

La floración, fructificación y calidad de fruto del litchi, depende de la ubicación geográfica de las huertas, de los cultivares y manejo del cultivo, en las regiones centro y norte del estado de Veracruz, México.

3.1.1. Hipótesis particulares

- 1 El nivel de floración y fructificación en huertas de litchi de las regiones centro y norte del estado de Veracruz, depende de las temperaturas y características del suelo presentes en cada una de las huertas.
- 2 Las características físicas y químicas del fruto litchi, depende del tipo de cultivar y la ubicación geográfica de las huertas en el estado de Veracruz.
- 3 Las prácticas de manejo en las huertas de litchi, influyen en el nivel de floración y fructificación.

4. Revisión de literatura

4.1. Marco teórico conceptual

En el presente apartado se describen los conceptos teóricos, que se abordarán en el documento de tesis, que además son la base para establecer los objetivos y las hipótesis. Partiendo del concepto de sistema que permite hacer un análisis holístico del agroecosistema y al considerar el cultivo de litchi como un componente más dentro del agroecosistema.

4.2. Sistema

El sistema es definido para Van Gigch (1997), como un “conjunto de elementos relacionados entre sí, los cuales pueden ser conceptos, objetos y sujetos”. El sistema como tal no existe, sino que es una forma conceptual en la que se busca explicar el mundo real y este se puede interpretar como un conjunto de elementos vivientes y no vivientes que se encuentran interactuando para alcanzar un fin y a su vez pueden ser vistos de distinta maneras como un sistema Social, Biológico, Mecánico, Electrónico, etc. Esto dependerá de la perspectiva y la acción en la cual se quiera representar a la realidad. Así Kolkman *et al.* (2005) perciben distintos componentes e interacciones dependiendo de cuál es el marco o modelo mental utilizado en el proceso de percepción.

4.3. El concepto de Agroecosistema (AES)

El agroecosistema (AES) se fundamenta en la Teoría General de Sistemas propuesta por Bertalanffy (1976) quien aborda el problema de la complejidad a través de una forma de pensamiento basada en la totalidad y sus propiedades. A principios de los años 70's se introduce a nivel internacional la palabra “Agroecosistema” en la revista “Agroecosystems” en donde se hacía énfasis sobre el manejo de los sistemas agrícolas y sus consecuencias con los ecosistemas naturales (Harper, 1974).

Este concepto de AES se ha abordado de diferentes maneras por distintos autores; para Hernández (1977) quien fue el pionero en introducir el concepto en las investigaciones realizadas en México; lo define como un ecosistema modificado en menor o mayor grado por el hombre, para la utilización de los recursos naturales en los procesos de producción agrícola.

Otros autores, como Hart (1985) dice que el agroecosistema es un sistema formado por un grupo de especies características de un hábitat determinado (biótica) y el medio ambiente con el que interactúa, procesando entradas de energía y materiales que producen salidas; Conway (1987) lo define como un ecosistema modificado por el hombre para obtención de productos y Altieri (1995) mencionan que una parte fundamental de los agroecosistemas es el ente controlador (hombre, familia) siendo éste quien modifica, interviene, orienta y define la producción y para Ruiz-Rosado (2006) menciona que el AES es la unidad física donde se desarrolla la actividad agrícola, pecuaria, forestal, acuícola o su combinación y donde inciden los factores económicos, sociales y ecológicos para la obtención de alimentos y otros satisfactores que la sociedad demanda a través del tiempo.

Al paso de los años el concepto ha ido evolucionando para Martínez *et al.* (2008), el agroecosistema “es un modelo conceptual de la actividad agrícola en su nivel mínimo de control cibernético humano”. Cabe destacar que el concepto está en constantes cambios, por ejemplo uno de los más actuales es el de Vilaboa-Arroniz *et al.* (2009) quienes mencionan que el enfoque y concepto de agroecosistema se utiliza en relación a su perspectiva de acción y objeto de estudio; ya que éste es un modelo abstracto y método de investigación que permite representar la unidad de estudio para explicar la realidad.

Con base en lo anterior, para el presente trabajo de investigación, se define el Agroecosistema como un espacio determinado donde existe una interacción de elementos bióticos y abióticos sin dejar a un lado la tecnología y la cultura de cada

región, donde el cultivo de litchi es un componente más de los AES regionales y el ente controlador es el productor, este es el responsable de manejar el Agroecosistema, con base a su conocimiento local y experiencias, donde el nivel socioeconómico y educativo desempeñan un papel fundamental en el manejo del mismo.

4.4. Interacción genotipo-ambiente

Para la utilización de recursos vegetales en programas de fitomejoramiento existe la necesidad de evaluar y describir sus variaciones, lo que es difícil porque numerosos caracteres se heredan cuantitativamente y son afectados por el ambiente y se expresan en el fenotipo (Cerón *et al.*, 2001). Para entender mejor la amplitud de la adaptación de los genotipos, su nivel de rendimiento, calidad y resistencia a distinto tipo de estrés (biótico o abiótico), debe ser contrastada mediante ensayos multilocales (Crossa, 1990). Lo anterior se denomina interacción G x A.

La interacción G x A surge cuando una variación ambiental tiene distinto efecto sobre genotipos diferentes o a la inversa, cuando un mismo genotipo responde de distinta manera en diversos ambientes (Phakamas *et al.*, 2008; Suwanto y Nasrullah, 2011; Rasyad *et al.*, 2012). En otras palabras se dice que existe interacción G x A, cuando no se puede asociar una desviación producida por un ambiente específico a una variable dada, sin tener en cuenta el genotipo sobre el cual aquella actúa (Romagosa y Fox, 1993).

Fox *et al.* (1997) definen la interacción G x A como la expresión genotípica diferencial a través de los ambientes. La interacción G x A puede definirse como el comportamiento relativo diferente que exhiben los genotipos en diversos ambientes; de tal forma que cuando un ambiente cambia es probable que los fenómenos hereditarios también lo hagan. La interacción que se produce entre los genes y el ambiente da lugar a diversos efectos fenotípicos en los cultivos y esto hace que al sembrarse en ambientes diferentes, su rendimiento varíe, lo cual se

define como interacción genotipo x ambiente o estabilidad fenotípica (Rodríguez-González *et al.*, 2011). Esta interacción es explotada por los mejoradores de plantas en beneficio de la agricultura. Por ejemplo, las plantas pueden ser criadas para tener tolerancia a entornos específicos, como alta o baja disponibilidad de agua. La interacción G x A en el fitomejoramiento ha servido como catalizador para el desarrollo de una serie de metodologías, diseñadas para estudiar y controlar los efectos de la interacción; sin embargo, ha sido una barrera para la mejora eficiente de las plantas, es por ello la importancia de su estudio para entender a la naturaleza y sus efectos en los cultivos (Ramburan *et al.*, 2011).

4.5. Horas frío

Se ha postulado que el frío invernal, es requerido para frutales caducifolios y para algunos perennifolios como es el caso de litchi; este frío es necesario para poder romper el estado de receso invernal. La acumulación de horas frío (HF) posibilita los cambios fisiológicos responsables de la floración y fructificación normal de un cultivo (Melgarejo, 1996).

La temperatura ambiental tiene notable influencia sobre muchos de los procesos fisiológicos relacionados con el crecimiento y desarrollo de los árboles frutales. Procesos como la solubilidad de diversos compuestos del suelo, la absorción de agua, nutrimentos y gases por la planta; los procesos de difusión de sustancias dentro de la misma dependen en cierta medida de la temperatura (Ortíz, 1987). De igual manera la temperatura afecta los mecanismos hormonales involucrados en la germinación, floración y fructificación de los frutales (Egea *et al.*, 2003).

5. Marco de referencia

En el presente apartado se hace una revisión sobre el cultivo de litchi: requerimientos edafoclimáticos de la especie, manejo del cultivo, origen, taxonomía, botánica, distribución mundial, nacional y estatal del cultivo de litchi.

5.1. Producción y distribución geográfica de litchi

Mundial

Actualmente el litchi se cultiva en diversos países del mundo; China es el centro de origen y el país de mayor producción de litchi, con una superficie de 570,400 hectáreas y una producción anual de 1.508,000 toneladas (Yi y Wang, 2008). En la producción y distribución mundial se pueden distinguir cuatro principales centros. En primer lugar está el continente Asiático, donde la producción se caracteriza por la presencia de litchi en casi todos los países, en el caso de China como principal productor mundial, sobresale la provincia de Guandong, seguida de las provincias de Guangxi, Fujian, Hainan y Yunnan (Chen y Huang, 2000; Huang *et al.*, 2005).

La India en el año 2000 reportó una producción de 429, 000 toneladas obtenidas en 56, 200 hectáreas, siendo los estados de Bihar, Bengal y Pradesh los principales productores (Ghosh, 2000). Tailandia en la parte noroeste, donde el clima es subtropical, la mayor producción de litchi se concentra en las provincias de: Chiang Mai, Chiang Rai y Phayao (Sethpakdee, 2002). En el año 2000 la producción fue de 81,388 toneladas provenientes de 22, 937 hectáreas. Otros países en el continente Asiático que destacan en la producción del cultivo de litchi son Vietnam, Taiwán y Bangladesh.

El segundo centro de producción y distribución del cultivo es Sudáfrica, donde los principales países que se distinguen son Madagascar, Mauricio y Zimbawe. El tercer centro es Australia, donde existen alrededor de 320 productores que obtuvieron en el año 2000 una producción de 3,500 toneladas provenientes de 1,500 hectáreas y los estados productores que destacan son Cairns, Mareeba, Ingham, Rockhampton, Bundaberg, Nambour y Lismore. Australia es un país relativamente nuevo en la producción del cultivo de litchi comparado con los países Asiáticos y se distingue por su estrategia de industrialización (Menzel, 2003).

Finalmente el cuarto centro productor de litchi es Norteamérica, donde los países que destacan son México y Estados Unidos de América, este último en el año 2000 reportó una producción de 1,500 toneladas en el estado de Florida (Rafie y Valerdi, 2002). En la actualidad existen alrededor de 400 cultivares de litchi en el mundo (Mitra y Pathak, 2010). A continuación se muestra un cuadro de los principales países productores a nivel mundial, con los cultivares predominantes en cada uno de ellos.

Cuadro 1. Principales países productores de litchi a nivel mundial y cultivares predominantes en orden alfabético (Mitra, 2006; Sivakumar *et al.*, 2007).

País	Cultivares predominantes			
Australia	'Fay Zee Siu'	'Souey Tung'	'Kwai May Pink'	'Salathiel'
	'Tai So'	'Wai Chee'		
China	'Bah Lup'	'Baitang-Ying'	'Fay Zee Siu'	'Haak Yip'
	'Kwai May'	'Lanzhu'	'No Mai Chee'	'Wai Chee'
India	'Bedana'	'China'	'Culcuttia'	'Late Bedana'
	'Longia'	'Shahi'		
Indonesia	Selección Local			
Israel	'Mauritius'			
Madagascar	'Madras'	'Mauritius'		
México*	'Mauritius'	'Brewster'		
Filipinas	'Sinco'	'Tai So'	'ULPB Red'	
Sudáfrica	'Mauritius'	'McLean's Red'		
Thailandia	'Chacapat'	'Haak Yip'	'Kom'	'Tai So'
	'Wai Chee'			
USA	'Brewster'	'Haak Yip'	'Kwai Mai'	'NoMai Chee'
	'Shan Chi'			

* Incorporado por el autor

Nacional

En México en los últimos diez años, la superficie del cultivo de litchi plantada aumentó de manera significativa y por consiguiente la producción del mismo. En el año 2003 se reportó producción en 14 estados de la república mexicana; de los cuales San Luis Potosí, Veracruz, Sinaloa, Puebla, Oaxaca y Nayarit son los de mayor área de producción, con una superficie de 3,980 hectáreas (De la Garza, 2004).

Amaya y García (2006) estimaron que la superficie de litchi en la república mexicana era de 5,500 hectáreas. Hasta el 2010 la superficie plantada en México fue de 4,007.74 hectáreas, de las cuales solo 3,903.99 se encontraban en producción con un total de 22,549.01 toneladas (SIAP, 2010).

En el Cuadro 2 se muestran datos del Sistema de Información Agrícola y Pesca (SIAP), en el cual se observa el incremento de superficie plantada y producción de litchi en el país en los últimos seis años.

Cuadro 2. Superficie y producción de litchi en México (SIAP, 2010).

Año	Sup. Sembrada (ha)	Sup. Cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha ⁻¹)	PMR (\$/ha ⁻¹)	Valor Producción (Miles de pesos)
2005	2,425.28	1,824.75	9,728.45	5.33	17,964.93	174,770.90
2006	2,886.34	2,528.96	13,681.70	5.41	17,418.08	238,309.00
2007	3,017.69	2,478.92	13,222.15	5.33	17,171.21	227,040.30
2008	3,390.64	3,185.89	10,864.56	3.41	17,532.58	190,483.74
2009	3,412.64	3,288.64	15,680.30	4.77	19,444.02	304,888.806
2010	4,007.74	3,903.99	22,549.01	5.78	14,573.74	328,623.410

PMR: Precio Medio Rural

Actualmente en México el litchi se cultiva en más de 15 estados de la república mexicana. En el Cuadro 3 se presentan nueve de los estados productores de litchi, además de la superficie establecida en cada uno de ellos y la producción en toneladas en el año 2010. El estado de Puebla es el que presenta mayor rendimiento de fruta, con 13.4 toneladas por hectárea, seguido por Oaxaca y Michoacán.

Cuadro 3. Superficie y producción de litchi en nueve estados de la república mexicana (SIAP, 2010).

Estado	Sup. Sembrada (ha)	Sup. Cosecha (ha)	Produc. (t)	Rend. (t/ha ⁻¹)	PMR (\$/ha ⁻¹)	Valor Producción (\$)
Baja California Sur	5.5	4.5	9.75	2.1	23,061.54	224,850
Michoacán	91.75	31.00	217.00	7.0	14,500.00	3,146.500
Morelos	6.00	6.00	32.90	5.4	6,300.00	207.270
Nayarit	98	98	239.23	2.4	18,280.17	4,373.160
Oaxaca	1,040	1,040	7,562.00	7.2	20,000.00	151,240.000
Puebla	250	250	3,372.50	13.4	15,408.08	51,963.750
San Luis Potosí	579.24	560.24	1,616.34	2.8	11,785.69	19,049.690
Sinaloa	366	366	896.50	2.4	16,642.50	14,920.000
Veracruz	1,499.25	1,499.25	8,451.99	5.6	9, 535.94	80,957.690

PMR: Precio Medio Rural

Estatad

SIAP (2010) reporta que Veracruz es el estado de la república mexicana con mayor superficie de litchi, cuenta con una área de 1,499.25 hectáreas y una producción de 8,491.99 toneladas. En el Cuadro 4 se muestra el incremento de

hectáreas sembradas y producción en el estado de Veracruz en los últimos seis años. Los municipios productores de litchi que destacan son: Papantla, Tihuatlan, Alamo-Temapache, Chicontepepec, Atzalan, Martínez de la Torre, Tlapacoyan, Paso del Macho, Paso de Ovejas y Córdoba. En los últimos seis años los rendimientos medios por hectárea en el estado de Veracruz varían de 3.15 a 5.64 t ha⁻¹.

Cuadro 4. Superficie y producción de litchi en Veracruz.

Año	Sup. Sembrada (ha)	Sup. Cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha ⁻¹)	PMR (\$/ha ⁻¹)	Valor Producción (Miles de pesos)
2005	1,126.50	1,113.25	4,949.55	4.45	13,767.21	68,141.50
2006	1,208.00	1,208.00	4,754.80	3.94	14,224.47	67,634.50
2007	1,309.25	1,131.86	5,258.20	4.65	9,338.94	49,106.00
2008	1,570.25	1,497.25	5,003.88	3.34	14,397.35	72,042.60
2009	1,546.25	1,527.25	4,805.30	3.15	13,913.44	66,858.23
2010	1,499.25	1,499.25	8,451.99	5.64	9,535.94	80,597.69

PMR: Precio Medio Rural

5.2. El cultivo de litchi (*Litchi chinensis* Sonn.)

El litchi es una fruta subtropical no climatérica (Zhang *et al.*, 2000). El árbol es de hoja perenne, ampliamente cultivado en las regiones tropicales y subtropicales del mundo y su centro de origen es China (Zhou *et al.*, 2008). Se encuentra distribuido en el sur de China y se cultiva entre las latitudes 18°N y 31°N y longitudes 101°E y 120°E, pero las áreas de producción comercial se encuentran entre las latitudes 19°N y 24°N (Mitra y Pathak, 2010). Por lo tanto, es un cultivo de clima subtropical, con requerimientos específicos de temperaturas, en las diferentes fases fenológicas durante el año, hasta completar su ciclo de producción (Menzel, 2002).

En las dos últimas décadas, se realizaron diversos estudios y evaluaciones para entender la fisiología de las plantas y para encontrar alternativas y soluciones a los problemas de floración y amarre de frutos, ambos procesos con relación directa en la producción irregular de este cultivo. Lo que llevó al uso de reguladores de crecimiento, anillado de ramas, poda de brotes, raíces, irrigación y nutrición controlada, entre otras (Chen y Huang, 2001; Menzel, 2002; García-Pérez y Martins, 2006).

Las condiciones ideales para la producción comercial de litchi son: clima libre de heladas, ausencia de vientos fuertes, presencia de un periodo frío con temperatura mínima entre 8°C y 14°C y seco antes de la floración; las lluvias y temperaturas deben ser moderadas durante la floración y desarrollo del fruto, pero durante la maduración del fruto las temperaturas deben oscilar entre los 30 y 32 °C. Los suelos deben ser levemente ácidos y profundos con buen drenaje y no salinos (Galán y Menini 1987; Carvalho y Salomão, 2000). Entre los factores clave a considerar para definir un área con potencial para la producción de litchi, están las temperaturas.

Una temperatura mayor a 16 °C en otoño-invierno afecta la emisión de la yema floral. Las temperaturas bajas y poca luz en primavera afecta el desarrollo y amarre de fruto. Generalmente temperaturas con un intervalo de 16 a 20 °C inducen a una floración regular (Menzel, 2002).

5.3. Taxonomía y botánica

El litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) es una especie perennifolia perteneciente a la familia Sapindaceae, la cual comprende alrededor de 150 géneros y 2,000 especies (Mitra, 2002). La mayoría de las especies de esta familia son árboles y arbustos y raramente son hierbas; se encuentran distribuidos en los trópicos y subtropicos cálidos. La mayoría de especies son originarias de Asia pero existen algunas de otras partes del mundo como son América, África y Australia (Menzel, 2002). La clasificación botánica para el litchi es:

REINO: *Plantae*
DIVISION: *Magnoliophyta*
CLASE: *Magnoliopsida*
ORDEN: *Sapindales*
FAMILIA: *Sapindaceae*
GÉNERO: *Litchi*
ESPECIE: *chinensis* Sonn.

A esta familia pertenecen tres frutales más que son de interés comercial

- □ Longan (*Dimocarpus longan* ssp. Longan.)
- □ Rambután (*Nephelium lappaceum* L.)
- □ Pulusán (*Nephelium matabile* Blume).

Todos ellos son nativos del Sudeste de Asia. La misma familia incluye también el mamoncillo (*Melicocca bijuga* L.) de origen Mesoamericano y con cierta importancia comercial a nivel regional en algunos estados mexicanos (Veracruz, Campeche, Yucatán y Quintana Roo). De acuerdo con ACERCA/CIESTAAM, (1996) existen tres subespecies de litchi:

- *Litchi chinensis* Sonn., ssp. *chinensis*, de importancia internacional.
- *Litchi chinensis* Sonn., ssp. *philippensis* (Radlk.) Leenh., se encuentra en Filipinas y tiene frutos no comestibles.
- *Litchi chinensis* Sonn., ssp. *javanensis* Leenh, se cultiva en Indochina y en el Oeste de Java y tiene frutos similares ala ssp. *chinensis*.

Árbol. Es relativamente de poca altura, normalmente alcanza los 10 a 12 metros. No obstante, existen ejemplares de más de 20 m de altura después de una edad de 25 años. El árbol tiene tendencia a formar una copa redonda, densa, compacta y simétrica, presentando en todo tiempo un intenso color verde en las hojas y en épocas de cosecha parece árbol de ornato, por el contraste del verde con el intenso brillo rojizo de sus frutas. El tronco es grueso, recto y corto, y la corteza tiene un color marrón o café oscuro (Galán y Menini, 1987; Menzel, 2002). El árbol siempre genera ramas bajas que según la literatura deben ser eliminadas a través

de podas de formación. La vida productiva es muy larga, dependiendo del cuidado y de las condiciones agroclimáticas. Existe en China un árbol de 1,200 años que todavía florece y fructifica año con año (Galán y Menini, 1987; ACERCA/CIESTAAM, 1996).

Hojas. Se disponen en forma alterna; son pinnadas con un número variable de foliolos que va de 3, 5, 7 a 9. Las hojas tienen: color verde oscuro en el haz y verde grisáceo en el envés, son de forma puntiaguda, elípticamente oblongas a lanceoladas y miden de 5 a 7.5 cm de largo. Los brotes jóvenes son anaranjados o rojo cobrizo, acentuando el carácter llamativo del árbol. La emisión de brotes comienza a la mitad del verano después de la cosecha, que en el hemisferio norte es en julio, y continúa hasta la floración en primavera. Una segunda brotación puede darse entre primavera y verano en ramas que no florecieron o sin fruto (Galán y Menini, 1987).

Flores. En el Cuadro 5 se muestran los tres tipos de flores de litchi, algunas de sus diferencias son ovario, pistilo, número de estambres y sexo, estas se abren sucesivamente en la misma panícula.

Cuadro 5. Principales diferencias entre los distintos tipos de flores de litchi.

Tipo de Flor	Pistilo	Ovario	No. de Estambres	Sexo
I	Abortivo	Rudimentario (Sin estilo ni estigma)	4- 12 Bien desarrollados	Masculina
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)

Las flores son de color amarillo-verdoso y se agrupan en panículas, normalmente terminales, el número de flores por panícula va desde 300 hasta 3,000, y miden entre 3 y 6 mm de ancho en su estado de apertura máxima. El perianto se reduce al cáliz verdoso o amarillo. Hay de 8 a 10 estambres, el ovario tiene de dos a tres celdas, de las cuales sólo una se desarrolla y termina en un estigma bífido y curvo (Galán y Menini, 1987; Carvalho y Salomão, 2000; Menzel, 2000).

Las flores del **Tipo I** son funcionalmente masculinas; tienen siete estambres y el estigma no está bien desarrollado. Las del **Tipo II** son funcionalmente femeninas, tienen un estigma bien desarrollado y estambres cortos, pero el polen que producen es abortivo y las anteras no se abren. Las flores del **Tipo III** son morfológicamente masculinas, tienen únicamente estambres, un ovario hipertrofiado y producen mucho polen (Figura 1). Usualmente, los tres tipos de flores, se abren en el siguiente orden I – II - III y en cinco fases (Galán, 1991). Cada árbol produce miles de flores, pero muy pocas forman fruta; sólo del 10 al 30 % son femeninas. La polinización es por insectos, el más eficaz es *Apis cerana indica* (Galán, 1991).

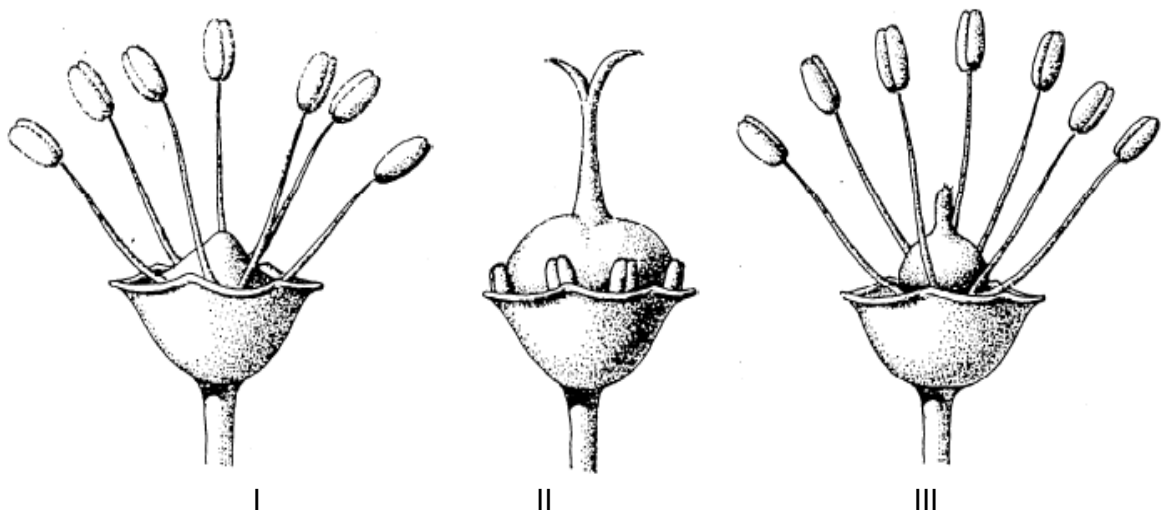


Figura 1. Tipos de flores en una inflorescencia de litchi (*Litchi chinensis* Sonn.).

I) Funcionalmente masculina, II) Funcionalmente femenina y III) Hermafrodita pero funcionalmente masculina (Scholefield, 1982).

Fase A: Sólo Tipo I, 10 días de apertura.

Fase B: Tipo I y Tipo II, 2 a 3 días.

Fase C: Sólo Tipo II, 2 días.

Fase D: Tipo II y Tipo III, 2 a 3 días.

Fase E: Sólo Tipo III, 7 a 10 días.

Stern *et al.* (1993) mencionan que el desarrollo y tipo de inflorescencias varía dependiendo del cultivar, en el caso de 'Mauritius' el porcentaje de cada tipo de flor es de (I) 34%, (II) 32% y (III) 34%. Caso distinto para el cultivar 'Brewster' donde el porcentaje de inflorescencias estudiados por Osuna *et al.* (2008) en Sinaloa, México fue del tipo (I) 70%, (II) 19% y (III) 11% y las flores del tipo I y III solo generan polen, debido al tipo de anomalías 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.

Fruto. El fruto de litchi es una drupa o un fruto de hueso, el pericarpio del fruto maduro es delgado, duro y con rugosidades en la superficie. Dependiendo del cultivar el pericarpio puede ser de color verde pálido, rosa y comúnmente rojo-fresa brillante; tiene forma esférica o de corazón y mide alrededor de 25 a 40 mm de diámetro (Jiang *et al.*, 2003). Los frutos son producidos en grupos sueltos, desde 2 a 30 por racimo y es importante que estos maduren en el árbol, 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).

5.4. Calidad del fruto de litchi

Los criterios de calidad para los frutos de litchi se dividen en externos e internos. Los externos incluyen principalmente el color de la cáscara, que es uno de los atributos más importantes en el litchi (Sivakumar y Korsten, 2006). Se prefiere un color rojo brillante en la cáscara, el tamaño del fruto; que esté libre de daño mecánico, pudriciones y agrietamientos; mientras que los internos incluyen el tamaño de la semilla y la relación SST/AT, lo anterior está en función del cultivar (Cronje *et al.*, 2009). Todos estos atributos son importantes, ya que determinan la calidad del fruto y el potencial de venta de litchi en los mercados internacionales (Cronje *et al.*, 2009).

El fruto es una drupa no-climatérica con un pericarpio delgado (1 a 3 mm), de consistencia áspera, textura rugosa, sabor agridulce, excelente aroma, alto valor nutritivo y un atractivo color rojo intenso en madurez de consumo (Valle *et al.*, 2008; Sarin *et al.* 2009; Wang *et al.*, 2010). El tamaño del fruto es variable según el cultivar, pero llega a alcanzar hasta 50 mm de largo y hasta 40 mm de diámetro; con un peso entre 12 y 25 g. La cubierta externa del fruto (pericarpio) es delgada, coriácea, dura y quebradiza.

Es verde en el fruto inmaduro pero adquiere un color rojizo brillante en la cosecha (Pesis *et al.*, 2002) incluso es amarilla o verde en algunos cultivares. Esta cubierta posee protuberancias angulares poco pronunciadas y contiene una gran cantidad de antocianinas responsables del color rojo del pericarpio (Valle *et al.*, 2008). Cuando inicia el secado, la piel cambia a un color café o pardo (*browning*) y se torna quebradiza (Galán y Menini, 1987; Zhang *et al.*, 2000; Agustí, 2004).

Estudios recientes muestran que el pericarpio del litchi contiene una gran cantidad de flavonoides Wang *et al.* (2010) y polifenoles (Pascale *et al.*, 2000; Sun *et al.*, 2006; Duan *et al.*, 2007; Ruenroengklin *et al.*, 2009) con una fuerte actividad antioxidante. La semilla es brillante y de color marrón oscura, es de forma ovoide a oblonga mide entre 10 y 20 mm de longitud y entre 6 y 12 mm de ancho y

comprende, aproximadamente, entre el 10 y el 18 % del peso del fruto. En China la semilla es usualmente utilizada para aliviar dolores neurológicos (Wuang *et al.*, 2011).

El arilo que es el nombre botánico de la pulpa generalmente es de color blanco, en algunos casos tiende a color rosado, con una consistencia jugosa similar a la de la uva fresca y con un aroma agradable, subácido-dulce y representa del 76 al 87% del peso del fruto, con valores de 11.8 a 20.6 % de sólidos solubles y de 0.20 a 1.1 % de acidez titulable según el cultivar, el valor nutritivo de la pulpa está en su contenido de azúcares y ácido ascórbico (Carvalho y Salomão, 2000).

Para la mayoría de las variedades cultivadas de litchi, las mejores características están determinadas por la relación sólidos solubles totales entre acidez titulable (SST/A.T.) que va desde un 18-21 % / 0.5-1 % (Paull *et al.*, 1984; Singh *et al.*, 1987; Batten, 1989).

En el Cuadro 6 se muestra la composición del fruto de litchi de 100 g de pulpa comestible y esta varía ampliamente dependiendo de la variedad, de las condiciones climáticas y de las prácticas culturales. Kadam y Deshpande (1995), mencionan que el contenido de agua en el fruto es elevado y está en el intervalo de 77 a 83 %, el contenido de proteína varía de 0.8 a 1.5 %, el contenido de grasa es menos del 1 %, los azúcares totales están en el intervalo de 11.8 a 20.6 %; de los cuales aproximadamente el 81.7 % son azúcares reductores y el 18.3 % es sacarosa. Debido a su bajo contenido en grasas y proteínas su valor calórico es bajo.

Cuadro 6. Composición del fruto de litchi por 100 gramos de una porción comestible.

Constituyente	Contenido	Constituyente	Contenido
Calorías	65	Potasio (mg)	99.00
Proteínas (%)	0.90	Magnesio (mg)	6.00
Grasa (%)	9.10	Calcio (mg)	7.00
Carbohidratos (g)	13.10	Fósforo (mg)	41.00
Fibra (g)	0.40	Hierro (mg)	1.30
Vitamina (mg)	28.00	Niacina (mg)	0.30
Tiamina (mg)	0.11	Ácido fólico (µg)	14.00
Riboflavina (mg)	0.04		

Fuente: Menzel y Simpson (1993)

5.5. Requerimientos del cultivo

Una especie, cuanto más se aleja de su clima ideal, mayor es la duración de las fases de desarrollo, más lento es el crecimiento y será necesario mejorar los factores restantes que conducen al éxito de un cultivo, esto es, la elección de cultivares, las prácticas culturales y las características físicas y químicas del suelo, si se quieren obtener buenos rendimientos (Galán, 2007).

En sentido económico, se puede asegurar que con estas medidas se produce un aumento de los costos de cultivo que puede llevar a una rápida pérdida de rentabilidad. Señalemos, a su vez, que la temperatura es el principal factor a tener en cuenta, porque es el factor más difícil de modificar por la acción del hombre. Otros dos factores ecológicos, el agua y el suelo, tienen también especial importancia en relación a la adaptación de una especie.

Climáticos

El litchi está adaptado a las zonas subtropicales que presentan un verano cálido e invierno con una temperatura más baja, sin llegar a la presencia de heladas (Samson, 1991). Es una especie que se adapta mejor a bajas altitudes, como las

zonas costeras y cercanas a los ríos, en donde se tiene una alta humedad (Thomson, 1994). Una humedad relativa mayor al 75% ayuda a una mejor floración y amarre de los frutos. El cultivo tolera heladas de corta duración e intensidad y temperaturas de hasta 40 °C. Sin embargo, es sensible a condiciones de baja humedad, particularmente en la época de fructificación. El problema fundamental de este cultivo son los bajos rendimientos que se obtienen debido a los peculiares requerimientos hídricos y térmicos que demanda la especie para florecer.

El intervalo óptimo de temperatura para el litchi se sitúa entre 20 y 35 °C con cero crecimiento vegetativo en otoño-invierno, cuando requiere temperaturas de 15-16 °C para la emisión de brotes florales (Cuadro 7). La existencia de un período frío (mínimas entre 8 y 14 °C) y seco en otoño e inicio del invierno favorece la floración, disminuyendo la escasa floración, típico de la especie (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 del invierno y verano, los árboles crecerán 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 las temperaturas periódicamente alcanzan temperaturas bajas a los 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).

Cuadro 7. Condiciones climáticas ideales para el cultivo de litchi.

Estado de crecimiento	Clima ideal
Brotación	20 a 35 °C. Humedad relativa alta. Abundante precipitación
Dormancia	Temperatura invernal menor de 15 - 16 °C, menos de 50 mm lluvias/mes (tres meses antes de la floración).
Floración	16 a 22 °C. Precipitación ligera.
Cuajado o amarre	18 a 24 °C. Humedad relativa moderada.
Crecimiento del fruto	24 a 28 °C. Precipitación regular. Elevada insolación. Humedad relativa alta.

Fuente: Galán (1991)

O'Hare (2004) menciona que el litchi solo puede producir brotes florales con largos periodos de latencia, sin embargo esto no es suficiente por sí solo, para inducir la floración se requiere de previas temperaturas bajas que promuevan los brotes florales. Por otra, parte estudios recientes mencionan que esta especie requiere acumular alrededor de 200 horas con temperaturas ≤ 13.5 °C para favorecer la floración (García-Pérez y Martins, 2006).

Así que los requerimientos de temperatura y humedad en el litchi son un factor fundamental, que da como resultado una exitosa diferenciación de yemas florales, fructificación, calidad de la fruta y el buen sabor del fruto de litchi (Singh y Babita, 2002).

Edáficos

La mayoría de los frutales tropicales y subtropicales tienen una amplia adaptación a condiciones de suelo, aunque casi todos requieren un buen drenaje y pH próximo a la neutralidad, siendo especialmente sensibles a condiciones alcalinas (Galán, 2003).

Thomson (1994) menciona que “México por la ubicación geográfica en la que se encuentra, cuenta con áreas adecuadas para el cultivo del litchi, tanto desde el punto de vista climático como edáfico. Si en estas áreas se establecen variedades que fructifiquen bien, México podrá tener una nueva agroindustria del cultivo, empacadoras y exportación de litchi”.

El litchi es frutal poco exigente en cuanto a suelo, ya que su sistema radical es fibroso, se adapta bien a suelos someros (para frutales), por ejemplo hasta 40 ó 50 cm de profundidad. Los suelos más adecuados son limos arenosos, ligeramente ácidos (Baker; 2002). Tampoco es exigente en cuanto a textura, ya que soporta los suelos pesados (hasta con 40% de arcilla) siempre y cuando buen drenaje. Sin embargo, se ha reportado que puede soportar hasta 25 días en terrenos inundados sin sufrir daños aparentes. El cultivo puede soportar las inundaciones mejor que los cítricos, aunque no prospera bien cuando estas son constantes. Se recomiendan para el litchi, los suelos profundos con buen drenaje, fértiles y con pH entre 5.5 a 6.5 que favorecen el desarrollo de micorrizas. Sin embargo fuera de estos intervalos, se pueden presentar problemas por deficiencia de nutrimentos (Marschner, 2002). Aunque puede tolerar suelos alcalinos de hasta 8.5 de pH.

En cuanto al contenido de elementos en el suelo se aconseja un balance en el nivel de nitrógeno (N) y moderado de fósforo (P), potasio (K) y calcio (Ca). En los suelos fértiles no se recomiendan cultivares vigorosos, debido a que tienden al desarrollo vegetativo constante.

Latitud

El cultivo de litchi en el sur de China, que es su centro de origen se ubica entre las latitudes 18° N y 31° N y longitudes 101° E y 120° E, pero las áreas de producción comercial se encuentran entre las latitudes 19° N y 24° N (Wu, 1998; Mitra y Pathak, 2010). Situación similar se da en la India donde la producción se concentra en los 19° N, Sudáfrica 25° S, Madagascar entre los 13° y 25° S, La Isla

Mauricio entre los 20° y 22° S y en Australia se produce litchi desde los 17° hasta los 32° de Latitud Sur. Las temperaturas varían de una región a otra a lo largo de las estaciones del año, de acuerdo a las latitudes, por lo tanto el litchi prospera en las zonas subtropicales, por los requerimientos específicos de temperatura que la especie requiere (Menzel, 2002).

5.6. Manejo del cultivo

Como toda especie el litchi requiere de prácticas de manejo apropiadas para que el cultivo prospere; establecimiento de la huerta, riego, podas, anillado, fertilización y control de plagas y enfermedades. Si no se realizan adecuadamente estas prácticas, no habrá buen rendimiento en cantidad y calidad de fruto.

Establecimiento de huerta

Para establecer huertas de litchi, se deben elegir suelos con más de 1 m de profundidad, libre de malezas. De acuerdo a la literatura existen varias recomendaciones de la densidad de plantación, que va desde 400 a 1500 árboles ha⁻¹. Por ejemplo Carvalho y Salomão, (2000) sugieren de 44-70 árboles ha⁻¹, en cambio Menzel, (2000) menciona una densidad de 600 árboles ha⁻¹, tal es el caso en huertos nuevos en Australia, que fueron establecidos a una distancia más cerca de 6 x 8 m ó 4 x 6 m ó 7 x 3 m, equivalentes a 208, 416 y 476 árboles ha⁻¹ respectivamente (Menzel *et al.*, 2000). Estudios en China muestran una densidad de hasta 1500 árboles ha⁻¹ que son plantados a una distancia de 3 x 2.5 m (Chen y Huang, 2000).

Las altas densidades de siembra permiten obtener altos rendimientos en los primeros cinco años de producción y posteriormente debe haber eliminación de árboles, ya sea entre filas o hileras, que permitan la circulación del aire y entrada de luz. La distancia de siembra será distinta dependiendo de la densidad de árboles ha⁻¹ que se desee plantar. De la Garza (2004) recomienda distancias de 5 x 9, 7 x 7 y 12 x 12 m y finalmente los arreglos de plantación dependerá del terreno y decisión del productor para elegir un tres bolillo, cinco de oros o marco

real, cabe destacar que la orientación es un factor importante en la siembra de árboles, ya que el establecimiento de norte-sur permite una mayor exposición a la radiación solar.

En la siembra de los árboles, el tamaño de cepa recomendable es de 40 x 40 x 30 cm, dependerá del tipo de suelo y del tamaño del cepellón del árbol que se va a plantar. Se sugiere que el trasplante del vivero hacia el terreno definitivo debe ser en la época lluviosa, evitando tiempos cálidos, fríos o de fuertes vientos y es necesario proveer agua de forma constante para evitar la muerte de las plantas (Mitra, 2002).

Propagación del árbol

En general el litchi se ha propagado vegetativamente por acodo aéreo (Janos *et al.*, 2001; Puchooa, 2004). Existen distintas técnicas para la propagación del árbol: acodo aéreo, semillas, injertos, esqueje e *in vitro*. La propagación por semilla no es recomendable, ya que por lo general las semillas permanecen viables solo de cuatro a cinco días. Las plantas obtenidas de semilla generalmente empiezan a producir a partir de los ocho o nueve años de edad, frente a los tres o cuatro años de las plantas propagadas mediante acodo (Galán, 1991). En la propagación de estacas o esquejes, a pesar de que es barato y fácil de propagar puede ser poco fiable, por el escaso éxito, ya que se requiere de cierta temperatura y control de humedad para el enraizamiento (Menzel y Waite, 2005).

El injerto se ha practicado durante cientos de años. Es más común en China y en Isla Mauricio, que están sujetas a huracanes o ciclones y por lo tanto requieren de patrones con buen desarrollo de raíces, lo contrario de un acodo. Sin embargo, la tasa de éxito es variable, por la incompatibilidad que se pueda presentar del injerto con el patrón (Menzel y Waite, 2005).

La técnica de propagación *in vitro* tiene ventajas en la propagación clonal, con esta técnica se pueden obtener miles de plantas de un mismo genotipo, ya que los métodos de propagación tradicional son lentos y no se podría propagar a gran escala un mismo genotipo (Chapman, 1984). Pero existen problemas en la micropropagación del litchi, por la secreción de polifenoles que se pueden llegar a dar en el medio de cultivo, estos generan una oxidación que pueden dañar a las células (Kantharanjah *et al.*, 1992). Otro problema es la contaminación del material genético con organismos difíciles de eliminar en la propagación *in vitro* (Puchooa, 2004).

Para fines comerciales se utiliza el acodo aéreo, ya que permite una fructificación temprana de 3 a 5 años después de establecido el árbol, se recomienda seleccionar árboles sanos, vigorosos y con ramificación bien desarrollada. Se eligen ramas de la parte exterior de la copa con crecimiento erecto o sin ramificaciones, se seleccionan ramas de 10 y 20 mm de diámetro y entre 45 y 60 cm de longitud.

Riego

El riego en el cultivo de litchi, es una práctica indispensable para complementar los requerimientos de agua que demanda, sobre todo durante el desarrollo del fruto. Esto abarca desde el desarrollo de las inflorescencias, amarre y crecimiento del fruto. Para la aplicación de riego se deben considerar ciertas características de la huerta, como el tipo de suelo, ubicación de la huerta, edad de los árboles, precipitación pluvial y la época del año (Galán y Menini, 1987).

En países como Australia, India y Tailandia, los árboles se riegan a partir de la floración hasta la cosecha. La mayoría de los huertos de litchi en China no se riegan, influyen las condiciones del clima y existen muchas plantaciones cercanas a los ríos y arroyos, donde se tiene acceso al agua a una profundidad cercana (Mitra y Pathak, 2010).

Estudios recientes muestran que el litchi demanda un periodo seco de 15 días en otoño que es necesario para una buena inducción floral (Valdivia *et al.*, 2010). Los árboles tienen un sistema de raíces profundas y pueden sobre vivir largos períodos de sequía, aunque las hojas, flores y frutas muestran estrés por falta de agua. Se requiere una precipitación anual de 1 200 a 1 500 mm para una producción satisfactoria. Trabajos en el sur de África muestran que la sequía en la emergencia de la panícula a la cosecha reduce el rendimiento y el tamaño de la fruta (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 microaspersión o goteo, que además de eficientar la disponibilidad de 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 que va del mes de marzo a mayo, y esto incrementa de manera significativa el rendimiento y calidad de fruta (De la Garza, 2004).

Podas

Las podas en litchi son prácticas importantes para darle forma al árbol, desde el inicio del desarrollo de la planta, con el fin de formar copas más abiertas y con altura de 4 a 6 m, para facilitar la cosecha, así como también minimizar los daños por vientos (Menzel, 2002). También son necesarias durante la etapa productiva para garantizar una mejor exposición a la radiación solar, permitir una adecuada aireación y garantizar el desarrollo de brotes florales (Huang, 2002; Crane y Balerdi, 2005).

Los tipos de poda que se practican son de formación, de producción limpieza o sanidad, regeneración y poda de brotes maduros. La poda de formación es necesaria para los árboles jóvenes que provienen de acodos aéreos y que tienden

a desarrollar uniones defectuosas. Con este tipo de podas se puede seleccionar el tallo principal, que debe estar libre de ramas a 60 cm de altura y evitar las ramas que formen ángulos en “V”, para balancear la copa del árbol y así disminuir el desgajamiento de ramas que se presenta en algunos cultivares.

Las podas de limpieza, también conocidas como podas anuales, se eliminan las ramas muertas inferiores y ramas que impidan la penetración de luz, estas también se pueden realizar después de la cosecha, y se recomienda cortar ramas de 15 a 30 cm para estimular brotes nuevos (De la Garza y Cruz, 2001). La poda de regeneración sirve para rejuvenecer árboles que han sido dañados o aquellos que tengan más de 15 años de edad. La forma correcta de practicar esta poda, es cortando completamente el árbol a una altura de 1.5 metros (Carvalho y Salomão, 2000). La poda de brotes maduros estimula la floración y esto debe llevar a cabo en otoño para que tenga un efecto eficiente (Stern *et al.*, 2005).

Fertilización

Uno de los principales factores que limitan la producción en el cultivo de litchi es la falta de un programa de nutrición adecuado (Mitra y Pathak, 2010). La fertilización en los árboles frutales desempeña un papel importante en el rendimiento y calidad de frutos. Los requerimientos de fertilización en árboles de litchi son influenciados por factores genéticos y ambientales. Entre estos, están las propiedades físicas y químicas del suelo, características del material genético, capacidad de adaptación y condiciones climáticas (Fallahi, 2002). El litchi requiere de nutrimentos, para un buen desarrollo vegetativo pero sobre todo para una adecuada fructificación. Cada huerta de litchi se encuentra ubicada en distinta zona edafoclimática, por lo tanto, se recomienda un análisis de suelo, que nos permita conocer el contenido de nutrientes previo a la fertilización. Los principales nutrimentos (macro) son: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg); y los (micro): boro (B), cobre (Cu), hierro (Fe), zinc (Zn) y manganeso (Mn).

Cuando la concentración de nutrimentos no se encuentra equilibrada en una planta, los síntomas característicos aparecen en las hojas, tallos, flores o frutos. Normalmente, el crecimiento y rendimiento es afectado mucho antes de la aparición de los síntomas visibles. La única manera de evitar esto es monitorear las concentraciones de los nutrimentos en la planta y suelo, y mantener estos dentro de los niveles aceptables, obtenidos a partir de huertos de alto rendimiento (Menzel, 2002).

La falta de nitrógeno (N) afecta el desarrollo de los árboles y los principales síntomas de deficiencia son hojas de color amarillo, verde pálido y de 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). Por otra parte las deficiencias de potasio (K), calcio (Ca) y agua pueden limitar el desarrollo del fruto, lo que se ve reflejado en el rendimiento final (Menzel *et al.*, 1992; Mitra y Pathak, 2010).

En el litchi se sugiere que la aplicación de nutrimentos sea de acuerdo a la edad de los árboles, a los requerimientos de los mismos y a los contenidos del suelo. Estudios en Guandong, China recomiendan que en árboles de 10 años, se haga una fertilización antes de la floración, usando las siguientes cantidades: 600 g N, 40 g P₂O₅ y 250 g K₂O por árbol; en plena floración se debe de aplicar 200 g N, 50 g P₂O₅ y 700 g K₂O por árbol, y finalmente en el desarrollo del fruto 600 g N, 40 g P₂O₅ y 250 g K₂O por árbol (Menzel, 2000).

Anillado

El anillado en arboles de litchi se realiza con el fin de detener las brotaciones vegetativas en otoño, provocar la acumulación de fotoasimilados en la copa del árbol y por tanto favorecer la floración (Smit *et al.*, 2005; García-Pérez *et al.*, 2006) se debe reducir la brotación de yemas vegetativas que se producen cuando las temperaturas no son ideales para la floración. Esta práctica se lleva a cabo en

las ramas principales del árbol; que consiste en hacer un anillo de corteza junto con el tejido de floema. El anillado se realiza con una sierra especial cortando de 2 a 3 mm de ancho, por 3 a 4 mm de profundidad, este detiene el crecimiento de los brotes de dos a tres meses. Una vez que el corte ha comenzado a sanar, reanuda el crecimiento de nuevos brotes (Menzel, 2002).

La práctica de realizar el anillado en arboles de litchi da como resultado mayor floración y por lo tanto mayor rendimiento. Sin embargo, hace falta realizar investigaciones específicas para evaluar los efectos a largo plazo sobre la vida útil del árbol, antes de que estas técnicas sean ampliamente adoptadas (Menzel, 2002; Huang, 2002).

Plagas y enfermedades

El litchi es atacado por alrededor de 25 enemigos naturales, y destacan ácaros (*Aceria Itchiii*), chinches (*Tessarotoma papillosa*), taladores de fruto (*Cryptophlebia* sp y *Deudorix epijarbas* M.), la mosca de la fruta (*Ceratitidis capitata* W.), roedores, aves y murciélagos (Mitra y Pathak, 2010).

Las plagas se pueden controlar con ciertos productos químicos o parasitoides y para disminuir el daño por aves y roedores, se recomienda embolsar los racimos de los frutos, en Australia se utilizan mallas para cubrir las huertas. En México, en el estado de San Luis Potosí se registra la aparición ocasional de trips y pulgones en plantas jóvenes que los productores controlan con aspersiones de Malathion C-50 o Parathion Metílico CE-50 en dosis de 2 mililitros por litro de agua (Oros, 2010). Las enfermedades más comunes que se pueden presentar en el litchi son la antracnosis (*Colletotrichum gloesporioides*), que afecta los brotes vegetativos y florales recién emitidos distorsionando las pequeñas hojas y causando su caída. Para su control se recomienda aplicar fungicidas o biofungicidas. De igual manera ciertas especies de hongos como *Alternaria*, *Collectotrichum*, *Aspergillus* causan podredumbre en la fruta (Galán y Menini, 1987).

5.7. Síntesis de revisión de literatura y marco teórico

La revisión de conceptos e información de la literatura sustentan el presente trabajo de investigación. El cultivo de litchi es una especie subtropical de origen asiático y requiere de condiciones edáficas y climáticas específicas para tener éxito en su producción.

El litchi se cultiva en varios países a nivel mundial y en México el cultivo es relativamente nuevo, en los últimos años el cultivo ha tenido un incremento significativo, siendo Veracruz el estado de mayor superficie plantada. SIAP reporta que en el 2010 se alcanzó una superficie establecida de 1,499.25 hectáreas, con un rendimiento medio 5.6 toneladas y una producción de 8,451.99 toneladas.

El problema principal que enfrenta el cultivo en México, es el desconocimiento en el manejo del cultivo por parte de los productores, ya que algunas huertas han sido establecidas en zonas agroecológicas no aptas para el litchi, lo que trae como consecuencia escasa floración y por lo tanto bajos rendimientos en la producción.

En México y específicamente en el estado de Veracruz, no se tiene registros de las características físicas y químicas de los frutos de litchi, en las distintas variedades que se cultivan en el estado. Conocer los parámetros de calidad del fruto de litchi, sería de gran ayuda para garantizar estándares de calidad, requeridos por el Código Alimentario Internacional para las exportaciones a otros países y el mercado nacional.

6. LITERATURA CITADA

- ACERCA/CIESTAAM. 1996. "Mercado mundial de litchi Mexicano". 224 p.
- Agustí, M. 2004. Fruticultura. Ed. Mundí-Prensa. España. 493 p.
- Altieri, M. A. 1995. El agroecosistema: Determinantes, Recursos, Procesos y Sustentabilidad. In: Agroecología: Bases Científicas para una agricultura sustentable. 2da Ed. Editorial CLADES. Santiago de Chile. pp. 22-31.
- Amaya, F. J., I. García. 2006. Validación de Paquete Tecnológico para la producción de litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) en la región Norte de Oaxaca Memoria de residencia profesional, licenciatura en Biología. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Xoxocotlan, Oaxaca. 92 p.
- ASERCA, 2004. Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria. Revista Claridades Agropecuarias 74: 32-48.
- Baker, S. A. 2002. Lychee production in Australia. In: Expert consultation on "Lychee production in the Asia-Pacific Region", Celebrada del 15-17 de Mayo de 2001. FAO. Bangkok, Tailandia. 134 p.
- Batten, D. J. 1989. Maturity criteria for litchis (Lychees). Fruit Quality and Preference 1: 149-155.
- Batten, D. J., and C. A. McConchie. 1995. Floral induction in growings buds of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) and mango (*Mangifera indica*). Australian Journal Plant Physiology 22: 783-791.
- Bertalanffy, L. V. 1950. The Theory of Open Systems in Physies and Biology. Science 3: 23-29.
- Carvalho, C. M. e C. Ch. Salomão. 2000. Cultura da lichieria. Boletim de extensão 43. Universidade Federal de Viçosa-MG. Brasil. 38 p.
- Cerón, M. M. F., H. Tonhati, C. Costa y F. Benavides. 2001. Interacción genotipo-ambiente en ganado holstein colombiano. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal 9 (2): 74-78.

- Chapman, K.R. 1984. Sapindaceae: Lychee. *In*: Page P E (Ed), Tropical tree fruits for Australia. Brisbane: Queensland Department of Primary Industries 6: 179–191.
- Chen, Y. Z., Li P., Wang Y. R. and L. P. Zeng. 1987. The effect of chilling temperature on respiration, electrolyte leakage and cold storage life in litchi fruits. *Acta Horticulturae* 14: 169-173.
- Chen, H., H. Huang. 2000. China litchi industry: Development, achievements and problems. *Acta Horticulturae* 508: 31-39.
- Chen, H. and H. Huang. 2001. China litchi industry: Development, Achievements and problems. *Acta Horticulturae* 558: 31-39.
- Conway, G. 1987. The Properties of Agroecosystems. *Agricultural Systems* 24: 95-117.
- Crane, H. J., Balerdi, C. F. 2005. El Lichi en Florida. University of Florida. HS No. 1307. Departamento de Orticultura Sciences, Servicio de Extensión Cooperativa de la Florida, Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas. 7 p. <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/hs28100.pdf>. Consulta en línea 15 Diciembre 2011.
- Cronje, R. B., P. G Mostert, and N. J. R. Roets. 2006. Evaluating Maxim for the increase in fruit size and retention in litchi. SA Litchi Growers" Association Yearbook 18: 14–17.
- Cronje, R. B., P. G. Mostert and N. J. R. Roets. 2009. Evaluating Maxim for the increase in fruit size and retention in litchi. Litchi Growers Association Yearbook 18: 14–17.
- Crossa, J. 1990. Statistical analysis of multilocation trials. *Advances in Agronomy* 44: 55-85.
- Davenport, T. L. and R. A. Stern. 2004. Flowering. *In*: CM Menzel and GK Waite (eds) Litchi and Longan, Botany, Cultivation and Uses. CAB International Wallingford Oxon. pp. 97-106.
- De la Garza, N. J. A. 2003. El cultivo de litchi. Folleto Técnico No. 1. INIFAP Huichihuayan, San Luis Potosí. México. 25 p.

- 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.
- De la Garza, N. J. y F. M. Cruz. 2001. El Litchi, una alternativa de producción para la Huasteca Potosina. Folleto para productores N° 2. INIFAP. Hichihuayán SLP, México. 24 p.
- Duan, X., Y. Jiang, X. Su, Z. Zhang and J. Shi. 2007. Antioxidant properties of anthocyanins extracted from litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit pericarp tissues in relation to their role in the pericarp browning. *Food Chemistry* 101: 1365–1371.
- Egea, J., O. Encarnación, P. Martínez G. y F. Dicenta. 2003. Chilling and heat requirements of almond cultivars for flowering. *Environmental and Experimental Botany* 50(1): 79-85.
- Fallahi, E. 2002. Symposium World Overview of Important Nutrition Problems and How They Are Being Addressed. *Horticulturae Technology* 4: 12-17.
- Fernández-Hernández, 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, Ver. 85 p.
- Fox, P.N., J. Crossa and I. Ramagosa. 1997. Multi-environment testing and genotype environment interaction. Ed. Chapman & Hall. London UK. pp. 117-137.
- Galán, S. V. 1991. El Litchi y su cultivo. Estudio FAO y Protección Vegetal, 108. Roma Italia. 201 p.
- 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.
- Galán, S. V. y U. G. Menini 1987. El litchi y su cultivo. Estudio FAO. Producción y protección Vegetal 83. Roma Italia. 205 p.

- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarla a las condiciones de la República Mexicana. Cuarta edición. Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 213 p.
- García-Pérez, E. & Martins, A. B. G. 2006. Florecimiento e frutificação de lichieiras em funcao do anelamento de ramos. *Revista Brasileira de Fruticultura* 28(1): 491-494.
- Ghosh, S. P. 2000. World trade in litchi: Past, Present and Future. *Acta Horticulturae* 58: 23-30.
- Hart, D. 1985. Conceptos básicos sobre agroecosistemas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 156 p.
- Harper, J. L. 1974. Agricultural ecosystems. *Revista Agroecosystems* 1: 1-6.
- Hernández X., E. 1977. Agroecosistemas de México. Colegio de Postgraduados. Escuela Nacional de Agricultura. Estado de México. 42 p.
- Herrera, T. M. F., A. Aguas-Atlahua, y F. A. Montiel. 2009. Memoria. XXII Reunión Científica Tecnológica Forestal y Agropecuaria. Caracterización Agroclimática de la región centro del estado de Veracruz para un manejo adecuado del cultivo de litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). 87 p.
- Holcroft M. D. and E. J. Mitcham. 1996. Postharvest physiology and handling of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). *Postharvest Biology and Technology* 9: 265-281.
- 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., H.B. Huang and L. Zeng. 2005. Lychee and Longan production in China. *Acta Horticulturae* 665: 27-36.
- Hu, H. Q., J. Chen, Z. J. Cai, R. J. Wu, X. X. Wei, S. L. Pan and S. X. Wen. 2010. Management of insect pests and diseases of litchi and longan in China. *Acta Horticulturae* 665: 231-240.

- Janos, D.P., Schroeder M.S., Schaffer B., and J.H. Crane. 2001. Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi enhances growth of *Litchi chinensis* Sonn. Trees after propagation by air layering. *Plant and Soil* 33: 85-94.
- Jiang, Y., L. Yao, A. Lichter and J. Li. 2003. Postharvest biology and technology of fruit. *Journal Food, Agriculture & Environment* 1(2): 76-81.
- Kantharanjah, A. S., C. A. Mc Conchie and W. A. Dodd. 1992. In vitro embryo culture and induction of multiple shoots in lychee. *Annual of Botanic* 70: 153–156.
- Kolkman, M. J., M. Kok and D. V. Van 2005. Mental model mapping as a new tool to analyze the use of information in decision making in integrated water management. *Physics and Chemistry of the Earth* 30: 317-332.
- Li, Y., T. L. Davenport, R. Rao and Q. Zheng. 2001. Nitrogen, flowering and production of lychee in Florida. *Acta Horticulturae* 558: 221-224.
- Marschner, H. 2002. Mineral nutrition of higher plants. 2nd Edition. Academic Press, London K. 289 p.
- Martínez-Dávila, J. P. y A. Pérez-Vázquez. 2008. El agroecosistema: Unidad de estudio y transformación de la agricultura. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Mimeografiado. 23 p.
- Melgarejo, P. 1996. El frio invernal, factor limitante para el cultivo frutal: Modelos y métodos para determinar la acumulación de frio y de calor en frutales. A. Madrid Vicente. Ediciones. Madrid España. 166 p.
- Menzel, C. M. 2000. Información clave de litchi. 1° edición de la serie de Agrilink. Instituto de Horticultura de Queensland. 240 p.
- Menzel, C. 2002. Lychee production in Australia. In: Expert consultation on “Lychee production in the Asia-Pacific Region”, Celebrada del 15-17 de Mayo de 2001. FAO. Bangkok, Tailandia. 134 p.
- Menzel, C. M. 2003. Lychee Production in Australia. FAO 167 p.
- Menzel, C. M. 2002. The lychee crop in the Asia and the Pacific. FAO/RAP Publication 2002/16. Bangkok. Australia 121 p.

- Menzel, C., G. A. Barry and D. R. Simpson. 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 G. K. Wait. 2005. *Litchi and Longan: Botany Production and Uses*. First Edition Cromwell Press. UK. 323 p.
- Menzel C. M. and D. R. Simpson. 1993. Fruits of tropical climate-Fruits of sapindaceae. *Encyclopedia of Food Science, Food Technology and Nutrition* Eds. Macrae, R. Robinson, R.K. and Sadler, M. J. Academic Press. Londres 108 p.
- Mitra, S. K. 2002. Overview of lychee production in the Asia-Pacific region. In: Papademetriou, M.K. and Dent, F.J. (eds) *Lychee Production in the Asia-Pacific Region*. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Bangkok, Thailand. 128 p.
- Mitra, S. K. 2006. Overview of lychee production in the Asia-Pacific region. *Food and Agriculture Organization Publication* 22 (4): 5-13.
- 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.
- Ortiz S., C. A. 1987. *Elementos de agrometeorología cuantitativa con aplicaciones en la República Mexicana*. 3ª Edición Imprenta universitaria. Universidad Autónoma Chapingo. México 122 p.
- Osuna, E. T., R. G. Valenzuela, R. M. Muy, B. A. Gardea y R. M. Villareal. 2008. Expresión del sexo y anatomía floral del litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). *Revista Fitotécnica Mexicana* 31 (1): 51-56.
- Oros, N. A. 2010. *Producción y comercialización de litchi (Litchi chinensis Sonn.) en la región central del estado de Veracruz, México*. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. 84 p.
- Paull, E. P., N. J. Chen y J. Deputy. 1984. Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) growth and compositional changes during fruit development. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 109: 817- 821.

- Pascale, S. M., L. R. Erwan, L. G. Christine, L. Yves, and C. Veronique. 2000. Phenolic composition of Litchi fruit pericarp. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48: 5995–6002.
- Pesis, E., O. Dvir, O. Feygenberg, R. Ben A., M. Ackerman and A. Lichter. 2002. Production of acetaldehyde and ethanol during maturation and modified atmosphere storage of litchi fruit. *Postharvest Biology Technology* 26: 157-165.
- Pathak, P. K. and Mitra, S. K. 2010. Litchi production in the Asia-Pacific region. *Acta Horticulturae* 863: 29-36.
- Phakamas N., A. Patanothai, K.Pannangpetch, S. Jogloy and G. Hoogenboom. 2008. Dynamic patterns of components of genotype X environment interaction for pord yield of peanut over multiple years: A simulation approach. *Field Crops Research* 106: 9-21.
- Puchooa, D. 2004. *In vitro* generation of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) *African Journal of Biotechnology* 3 (11): 576-584.
- Rafie, A. and C. Balerdi. 2002. International Marketing of lychee and what is the future for Florida growers?. Ed. University of Florida. EUA.133 p.
- Ramburan S., M. Zhou and M. Labuschagne. 2011. Interpretation of genotype x environment interactions of sugarcane: Identifying significant environmental factors. *Field Crops Research* 124: 392-399.
- Rasyad, A. G. M. E. Manurung and D. A. Van S. 2012. Genotype x environment interaction and stability of yield components among rice genotypes in Riau province Indonesia. *Journal of Breeding and Genetics* 44(1): 102-111.
- Rindermann S.E., M.A. Gómez C. 2001. El litchi. 2ª Edición Mundi-prensa. México. 144 p.
- Rodríguez-González, R. E., J. F. Ponce-Medina, E. O. Rueda-Puente, L. Avendaño-Reyes, J. J. Paz-Hernández, J. Santillo-Cazares y M. Cruz-Villegas. 2011. Interacción Genotipo-Ambiente para la estabilidad de rendimiento en trigo en la región de Mexicali, B.C., México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14: 543-558.

- Romaní, M. 2006. América Económica. Editorial Asesores de Publicaciones S.L. México. 223 p.
- Romagosa, I. and P. N. Fox. 1993. Genotype x environment interaction and adaptation. In Plant breeding series: Plant breeding: Principles and prospects. Hayward. Ed. Chapman and Hall. London. pp. 373-390.
- 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", Chiang Mai, Thailand. Thailand. pp. 4-9.
- Ruenroengklin, N., B. Yang, H. T. Lin, F. Chen and Y. M. 2009. Degradation of anthocyanin from litchi fruit pericarp by H₂O₂ and hydroxyl radical. Food Chemistry 116: 995-998.
- Ruiz-Rosado, O. 2006. Agroecología: una disciplina que tiende a la transdisciplina. Interciencia 31(2): 140-145.
- Samson, J. A. 1991. Fruticultura Tropical. 1ª Edición. Editorial Limusa. México. 396 p.
- Saure, M. C. 1985. Dormancy release in disiduous fruit trees. Horticultural Reviews 7: 239-299.
- Sarin, N. B., U. S. Prasad, M. Kumar, S. M. Jain. 2009. Litchi Breeding for Genetic Improvement. Springer Science Business Media 7: 217-245.
- Sethpakdee, R. 2002. Lychee production in Thailand. Papademetriou, M. K. Frankand Dent, F.J. (eds). Lychee Production in the Asia-Pacific Region. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Bangkok, Thailand. pp. 106-113.
- Scholefield, P. B. 1982. A scanning electron microscope study of flowers of avocado, litchi, macadamia and mango. Scientia Horticulturae 16: 263-272.
- SIAP (Sistema de información agrícola y pesquera). 2010. Superficie plantada de litchi. <http://.siapsagarpa.gob>. Fecha de consulta: 10 de marzo de 2010.

- Singh, H. and S. Babita. 2002. Lychee production in India. In: Papademetriou, M.K. and Dent, F.J. (eds) Lychee Production in the Asia- Pacific Region. Food and Agricultural Organization the United Nations, Bangkok, Thailand. 134 p.
- Singh, A., A. B. Abidi and S. Srivasta. 1987. Variation in quality traits of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) cultivars. Journal of Food Science and Technology 24: 264-26.
- 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.
- Sivakumar, D., L. Korsten and K. Zeeman. 2007. Postharvest Management on Quality Retention of Litchi during Storage. Global Science Books 1(1): 66-75.
- Smit, M., J. J. Meintjes, G. Jacobs, P. J. Stassen and K. I. Theron. 2005. Shoot growth control of pear trees (*Pyrus communis* L.) with prohexadione calcium. Scientia Horticulturae 106: 515-529.
- Stern, R., I. Adato, M. Goren, D. Eisenstein and S. Gazit. 1993. Effects of autumn water stress on lychee flowering and yield in Israel. Scientia Horticulturae 54: 295-302.
- 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.
- Suarto and Nasrullah. 2011. Genotype x Environment Interaction for Iron Concentration of Rice in Central Java of Indonesia. Rice Science 18(1): 75-78.
- Sun, J., Y. M. Jiang, X. Y. Wei, J. Shi, Y. L. You and H. Liu. 2006. Identification of epicatechin as the direct substrate for polyphenol oxidase isolated from litchi pericarp. Food Research International 39: 864–870.
- Székely, M. 2005. Pobreza y desigualdad en México entre 1950 y el 2004. Secretaría de Desarrollo Social. México. 38 p.
- Thomson P. H. 1994. El Litchi. En memoria de la 1ª y 2ª Reunión Internacional de Frutales Nativos e Introducidos con Demanda Nacional e Internacional. Montecillo, México. pp. 33-42.

- Van, Gich, J. P. 1997. Teoría general de sistemas. Quinta Edición. Ed. Trillas. México. 607 p.
- Valdivia, J., A. Trinidad S. and R. A. Muñoz. 2010. Nutritional Survey of Lychee on the Coast Area of the Gulf of Mexico. *Acta Horticulturae* 863: 413-424.
- Valle, G. S., A. Alonso C., y I. Alia T. 2008. Atmósferas con bajo O₂ y alto O₂ para la conservación de frutos de litchi. *Revista Fitotécnica Mexicana* 31 (2): 157-164.
- Vilaboa-Arroniz, J., P. Díaz-Rivera, O. Ruiz-Rosado, D. E. Platas-Rosado, S. González-Muñoz y F. Juárez-Lagunes. 2009. Caracterización socioeconómica y tecnológica de los agroecosistemas con bovinos de doble propósito de la región del Papaloapan, Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10 (1): 53-62.
- Wang, C. Y., H. J. Chen, P. Jin, and H. Y. Gao. 2010. Maintaining quality of Litchi fruit with acidified calcium sulfate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58: 8658–8666.
- Wuang, L., G. Lou, Z. Ma and X. Liu. 2011. Chemical constituents with antioxidant activities from litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) seeds. *Food Chemistry* 126: 1081-1087.
- Wu, S. X. 1998. Encyclopedia of China Fruits: Litchi. China Forestry Press, Beijing. China. pp. 221.
- Yi, G. and J. Wang. 2008. Study on international competitiveness of lychee industry in Guangdong, China. *Science and Technology* 4: 34-38.
- Zhang, D., C. Peter and J. M. Grigor. 2000. Changes in phenolic compounds in Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit during postharvest storage. *Postharvest Biology Technology* 19: 165-172.
- 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 ultrastructure, antioxidant enzymes and phytohormones. *Scientia Horticulturae* 117: 288-292.

CAPÍTULO 1.
FLORACIÓN Y FRUCTIFICACIÓN DE LITCHI EN SEIS LOCALIDADES
CONTRASTANTES EN EL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO[†]

FLOWERING AND FRUIT PRODUCTION FOR LITCHI IN SIX CONTRASTING
LOCALITIES IN THE STATE OF VERACRUZ, MEXICO[†]

Aristarco Aguas Atlahua¹; Eliseo García Pérez^{1*}; Antonio Trinidad Santos²;
Octavio Ruiz Rosado¹

¹Colegio de Postgraduados - Campus Veracruz. Km. 88.5 Carretera Federal Xalapa – Veracruz. Predio Tepetates, Mpio. de Manlio F. Altamirano, Veracruz, CP. 91674.

² Colegio de Postgraduados - Campus Montecillo, Km 36.5 Carretera México- Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C.P. 56230

*Autor para correspondencia (geliseo@colpos.mx ; eligarpe05@hotmail.com)

† Artículo para enviar a la revista Fitotecnia Mexicana (En revisión con asesores)

RESUMEN

El cultivo de litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) en México tuvo un incremento significativo en plantaciones en las últimas dos décadas, se estableció en regiones cálidas, donde presenta marcada alternancia de floración y producción. El objetivo fue evaluar la floración y fructificación de litchi en seis localidades de las regiones centro y norte del estado de Veracruz. Se seleccionaron seis huertas de litchi representativas, cinco con el cv 'Mauritius' y una con 'Brewster' que fueron geo-referenciadas, en las cuales se colocaron termómetros de máximas y mínimas para el registro de la temperaturas durante la floración. En 10 árboles por huerta, se marcaron 4 brotes por punto cardinal. Con un cuadro de madera de 1m² se realizó el conteo de brotes florales y vegetativos en la parte media de la copa del árbol. Se registro la brotación vegetativa y floral en porcentaje, las características de las inflorescencias y el amarre de frutos por racimo. Se realizó un análisis físico y químico de suelo. Para conocer el manejo de las huertas se aplicó una encuesta a los productores. Los datos se analizaron con el programa SAS v. 9.3. La altitud de las huertas varió de 7 a 732 msnm, las temperaturas mínimas variaron de 13.56 °C a 18.10 °C, lo que influyo en la respuesta y época de floración, Tuxpan presentó la mayor floración. La fructificación presentó variación lo que tiene relación con el cultivar, ambiente y prácticas de manejo; para el cv 'Mauritius', las huertas Yecuatla y Tuxpan presentaron mayor media de frutos por racimo y la huerta Tolome(cv 'Brewster') presentó mayor floración 71.63 %, pero menor frutos por racimo. Las huertas que presentaron mayor tamaño de brotes fueron Tuxpan y Yecuatla, estas se localizan a mayor latitud norte, por lo que tiene un clima extremo (e), que cubre mejor los requerimientos climáticos que el cultivo demanda.

Palabras clave: *Litchi chinensis*, floración, fructificación, temperatura mínima.

SUMMARY

The cultivation of litchi (*Litchi chinensis*) in Mexico has seen a significant increase in the number of orchards over the last two decades, and has been established in warmer regions where it displays marked alternation of flowering and production. The objective was to evaluate the flowering and fruit production of litchi in six localities within the central and northern regions of the state of Veracruz. Six representative and geo-referenced litchi orchards were selected, five with cv 'Mauritius' and one with cv 'Brewster'. Temperatures during flowering stages were recorded. In each of 10 trees per orchard, 4 buds were marked at cardinal points, and within 1 m² surrounding these points the floral and vegetative buds were counted and combined to provide averages for each tree. Vegetative and floral budding were recorded as percentages, as were inflorescence characteristics and the number of fruits per raceme. Soil physico-chemical analyses also were performed. Survey questionnaires were provided to the producers to better understand orchard management. The data were analyzed using the program SAS v. 9.3. Altitude of the orchards ranged from 7 to 732 msnm. Temperatures ranged from 13.56 °C to 18.10 °C, influencing plant response and flowering period, with Tuxpan having the greatest floration. Variation in fruiting was related with cultivar, environment and management practices. For cv 'Mauritius', the orchards Yecuatla and Tuxpan had the greater mean abundances of fruits per raceme, and orchard Tolome (cv 'Brewster') had the greatest floration (71.63%), but the lowest number of fruits per raceme. The orchards having the greatest bud size were Tuxpan and Yecuatla. These orchards are located more to the north, where there are more extremes of climate that better provide for the range of climatic requirements of the crop.

Keywords: *Litchi chinensis*, flowering, fruit production, minimum temperature

1. INTRODUCCIÓN

El litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) es un frutal de la familia Sapindaceae, un árbol subtropical de hoja perenne que se cultiva en todo el sudeste de Asia, particularmente en China (Zhou *et al.*, 2008; Yoon *et al.*, 2012). Se caracteriza por la producción de frutos de color rojo intenso y sabor agradable (Galán, 1987). Esta especie es popular en el continente asiático, pero es menos conocida en África, Europa y América Latina (Menzel y Wait, 2005). El cultivo de litchi se introdujo en México a principios del siglo XX, en el estado de Sinaloa; en las huertas de algunos hacendados que iniciaron el cultivo, pero es hasta las décadas de los 70 y 80's que se establecen las primeras plantaciones comerciales; en la última década se presentó un aumento significativo en la superficie sembrada, pasando de 400 a 3,370.94 hectáreas, sobresaliendo los estados de Veracruz, Oaxaca, San Luís Potosí, Hidalgo y Puebla (Rindermann y Gómez-Cruz, 2001; De la Garza, 2003).

Lo anterior debido al interés por parte de los agricultores mexicanos por la demanda de fruto en Estados Unidos, Canadá y la Unión Europea. Así como el creciente mercado nacional (Osuna *et al.*, 2008). Uno de los principales problemas que presenta este cultivo, es la alternancia de producción, existen cultivares con diferente nivel de alternancia y otros con fuerte interacción con los elementos del clima que acentúan el problema; por otro lado, hay evidencias de que practicas de manejo como anillado de ramas y poda de raíces, favorecen la floración en los árboles de litchi (Smit *et al.*, 2005; García-Pérez y Martins, 2006). El estado de Veracruz tiene una superficie de 1,499.25 hectáreas y una producción de 8,491.99 toneladas, con un rendimiento en los últimos seis años de 3.15 a 5.64 t ha⁻¹ (SIAP, 2010). Existen plantaciones en 24 municipios, principalmente en Tihuatlán, Coatzintla, Tlapacoyan, Papantla, Córdoba y Paso de Ovejas; donde los dos cultivares predominantes son 'Brewster' y 'Mauritius'.

Las plantaciones de litchi en Veracruz están en zonas con climas del grupo cálidos húmedos y subhúmedos, donde con frecuencia se presentan temperaturas

altas en otoño-invierno, lo que en varios años ha limitado la floración, acentuando el problema de alternancia de producción. Herrera *et al.* (2009) afirman que esta especie prospera en clima subtropical o ambiente semicálido, aunque con frecuencia y posiblemente de manera errónea, se le considera como una especie tropical o de clima cálido. Por la heterogeneidad orográfica que posee el estado de Veracruz, existe una amplia gama de climas, en algunos de estos se ha establecido el cultivo de litchi; algunos sitios son adecuados y favorecen la floración y el rendimiento del cultivo. No existen estudios de zonificación agroecológica para el cultivo de litchi en México, ni para el estado de Veracruz en particular, por lo que los productores establecen sus plantaciones sin tener la información suficiente.

En el estado de Veracruz no se han realizado estudios previos, tanto edáficos como climáticos para el establecimiento de huertas comerciales de litchi, con el fin de servir de marco de referencia sobre la aptitud de las diferentes áreas para el cultivo. Hacer un estudio antes de zonificación antes de introducir el cultivo, puede minimizar los problemas de alternancia, evitar o disminuir las prácticas de manejo adicionales para promover la floración y con esto reducir los costos de producción. Por tanto, el objetivo del presente trabajo, se enfoca en un análisis de floración y fructificación de los cultivares de litchi ('Brewster' y 'Mauritius') en seis localidades contrastantes en las regiones centro y norte del estado de Veracruz, México.

1.2. MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción de la zona de estudio

El presente trabajo se llevó a cabo en 5 municipios de las regiones centro y norte del estado de Veracruz (Figura 2). De noviembre de 2009 a mayo de 2010. Los municipios se ubican en las coordenadas 20° 54'58.4" LN, 97° 25'29.2" LO y 18° 50'47.7" LN, 96° 23'08.9" LO, y se encuentran en el grupo de climas cálidos húmedos y subhúmedos, donde predominan las lluvias en verano (Soto, 1986). Las huertas de estudio se encuentran ubicadas a distinta altitud que van de 7 a 732 msnm.



Figura 2. Ubicación geográfica de las huertas de litchi en el estado de Veracruz, con ayuda del programa Google Earth®.

Tamaño de muestra

Para la selección de las huertas, se realizó un recorrido en las regiones centro y norte del estado y se seleccionaron seis huertas de litchi representativas. Se consideraron ciertas características específicas como la edad de los árboles entre 8 y 12 años, tipos de cultivares ('Mauritius' y 'Brewster'), y ubicación geográfica de las huertas en cuanto altitud y latitud.

En las huertas, se utilizó un método probabilístico aleatorio sistemático (MASIS), en forma de zigzag. Se seleccionaron 10 árboles en cinco huertas y tres árboles en una área de traspatio que representa a la huerta de Yecuatla, sumando un total de 53 árboles (43 fueron del cv 'Mauritius' y 10 del cv 'Brewster') donde se realizaron las diferentes mediciones para la investigación.

Medición de temperaturas

Para el registro de temperaturas (°C), se colocaron cuatro termómetros TFA® de máximas y mínimas, en cada orientación cardinal, en la parte media externa de la copa de un árbol por huerta, durante tres meses (Noviembre de 2009 a Febrero de 2010). Considerando 1.5 meses previos a la floración hasta el término de la misma. Los datos de temperatura máxima y mínima fueron tomados diariamente de forma manual y capturados en el programa Microsoft Excel® v7, para después obtener la media de las mismas.

Floración

En 10 árboles por huerta previamente seleccionados, durante la etapa de floración, con ayuda de un cuadro de madera de 1m² de área, que se colocó en la parte media de la copa del árbol en cada orientación, se realizó el conteo de brotes florales y vegetativos en un m² de la copa. La información obtenida se capturo en el programa Microsoft Excel® v.7, posteriormente se realizó una regla de tres para obtener el porcentaje de brotes florales y vegetativos de las huertas.

Características de brotes y número de frutos

Un mes previo al inicio de floración, se marcaron 4 brotes de forma aleatoria en cada orientación cardinal, sumando un total de 16 brotes por árbol. A estos brotes se les midió la longitud (cm), el diámetro basal (mm) y el número de hojas inicial. Se le dio seguimiento a la vegetación vegetativa o floral, se realizaron nuevas determinaciones en brotes o inflorescencias y en estas se cuantificó el amarre inicial de frutos, 30 días después del secado del estigma y 15 días antes de la cosecha, para conocer el valor medio de los frutos por racimo.

Análisis de suelo

Se realizó un muestreo de suelo, en cada huerta, este se hizo en zig-zag con cinco puntos de muestreo a dos profundidades: muestra uno (M1) de 0-20 cm y muestra dos (M2) de 20-40 cm, las cuales fueron enviadas al laboratorio de

Nutrición Vegetal del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, para determinar las características físicas y químicas de los suelos.

Manejo del cultivo

Para conocer el nivel de manejo en las huertas, se realizó una entrevista a cada uno de los productores, con el apoyo de un cuestionario con preguntas abiertas y cerradas. Considerando características de las huertas, tipos de cultivares, manejo de las plantaciones, fenología del cultivo, factores y elementos del clima, indicadores de cosecha, manejo poscosecha, comercialización y asesoría técnica.

Análisis de datos

Los datos se integraron en una hoja de cálculo Excel Versión 2010[®], posteriormente en el programa Statistica[®]v.7 se realizaron gráficos descriptivos correspondientes a brotes florales y vegetativos, así como también de temperatura y número de frutos por racimo. Posteriormente se realizó un análisis estadístico en el programa SAS v. 9.3 para Windows (Statistical Analysis System Inc., 2004), donde se realizó un análisis de varianza, con el procedimiento proc ANOVA. Como se encontraron diferencias significativas entre huertas, se procedió a realizar una prueba de medias (Tukey ≤ 0.05).

1.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Temperaturas

En el Cuadro 8 se muestra el intervalo de temperaturas registradas durante los 3 meses de noviembre 2009 a enero 2010, las mínimas variaron de 13.56 °C a 18.10 °C y las máximas de 24.24 °C a 29.15 °C. La temperatura mínima más baja de 13.56 °C se registró en la huerta de Amatlán, que tiene el cv 'Mauritius', esta huerta se encuentra en la menor latitud norte de 18° 50' 47.7" (Cuadro 8), y está a mayor altitud 732 msnm, la floración se presentó en el mes de Diciembre.

De las seis huertas evaluadas la huerta de Tolome presentó la temperatura máxima más alta con 29.15 °C. En esta huerta se tiene el cultivar 'Brewster' y se ubica a 29 msnm.

Cuadro 8. Temperaturas en diferentes huertas de litchi en el estado de Veracruz.

Huertas	Cultivar	T _{máx} °C*	T _{media} °C	T _{mín} °C*	Altitud msnm*
1. Tuxpan	'Mauritius'	24.24	19.66	15.08	7
2. Yecuatla	'Mauritius'	24.99	21.09	17.19	309
2. Lechuguillas	'Mauritius'	25.15	20.33	15.51	15
3. Amatlán	'Mauritius'	28.44	20.86	13.56	732
4. El Plan de Manantial	'Mauritius'	27.40	22.77	18.10	28
6. Tolome	'Brewster'	29.15	22.96	16.76	29

*Temperaturas obtenidas de termómetros de máximas y mínimas TFA®

Floración

La floración en las cinco huertas del cultivar 'Mauritius' varió de 39.44 % a 71.63 % y el cultivar 'Brewster' en la huerta de Tolome presentó 73.81 % (Cuadro 9). Para 'Mauritius' la huerta de mayor porcentaje de floración fue Tuxpan (71.63 %), esta se caracteriza porque se ubica en mayor latitud norte 20° 54' 58.4" del estado. Por lo tanto, se encuentra más cercana a la franja subtropical, de donde es originario el litchi. Por lo que a pesar de la altitud de 7 msnm en la que se encuentra, por su ubicación geográfica las temperaturas son extremosas (e). En contraste la huerta de menor porcentaje de floración fue Amatlán con un 39.44 %, es la ubicada a menor latitud norte y es la de mayor altitud 732 msnm.

Cuadro 9. Ubicación geográfica, climas y floración en diferentes huerta de litchi en el estado de Veracruz.

Huerta	Cultivar	Latitud norte*	Longitud oeste*	Floración %	Clima**
Tuxpan	'Mauritius'	20°54'58.4"	97°25'29.2"	71.63	Aw ₂ ''(e)
Yecuatla	'Mauritius'	19°53'23"	96°45'17.6"	66.28	Af(m)(e)
Lechuguillas	'Mauritius'	19°59'40.6"	96°35'12.9"	56.68	Aw ₂ ''(w)(i')
Amatlán	'Mauritius'	18°50'47.7"	96°23'08.9"	39.44	Am(i')g
El Plan de Manantial	'Mauritius'	19°12'57.8"	96°22'36.7"	54.58	Aw ₀ ''(w)(i')g
Tolome	'Brewster'	19°16'18.9"	96°24'14.2"	73.81	Aw ₀ ''(w)(i)g

*Datos obtenidos GPS Garmin map76csx®, **Localidades y climas del estado de Veracruz (Soto, 1986).

Estos resultados coinciden parcialmente con la literatura, en relación a que el litchi se cultiva en regiones tropicales y subtropicales del mundo (Zhou *et al.*, 2008) y las principales áreas de producción se encuentran entre las latitudes 19° N y 24° N (Mitra y Pathak, 2010). Lo que explica porque la huerta de Tuxpan, que se ubica a menor altitud (7 msnm), presentó el mayor porcentaje de floración influenciada más por la ubicación geográfica en que se encuentra.

Por otro lado la huerta El Plan de Manantial con el cultivar 'Mauritius' y la huerta de Tolome con el cultivar 'Brewster', se encuentran a 7 km de distancia y por lo que tienen características similares en latitud y altitud, pero la floración fue de 54.58 % para 'Mauritius' y de 73.81 % para 'Brewster', con una variación de 17.23 %. Además de la diferencia en el cultivar, hay diferentes manejo entre huertas; en la huerta de Tolome se realiza anillado de ramas previo a la floración, fertilización constante y cuenta con un sistema de riego más eficiente que la huerta de el Plan

de Manantial, estas diferencias explican la diferente respuesta en floración como se muestra en las figuras 3A y 3B.



Figura 3. Árboles de litchi en floración en el ciclo 2009-2010

En la Figura 4 se presenta una relación entre el porcentaje de floración y la temperaturas mínimas ($^{\circ}\text{C}$) promedio mensual de noviembre a enero, registrada durante la floración del ciclo 2009-2010 de cada una de las huertas. El mayor porcentaje de floración fue en la huerta Tolome con el cultivar 'Brewster' y entre huertas del cultivar 'Mauritius' Tuxpan presentó la mayor floración, esta huerta tuvo una temperatura mínima de 15.08°C . Lo anterior coincide con lo reportado en la literatura que señala, que la floración mejora cuando hay temperaturas mínimas en torno de los 15°C (Menzel y Simpson, 1993; Chen y Huang, 2005a).

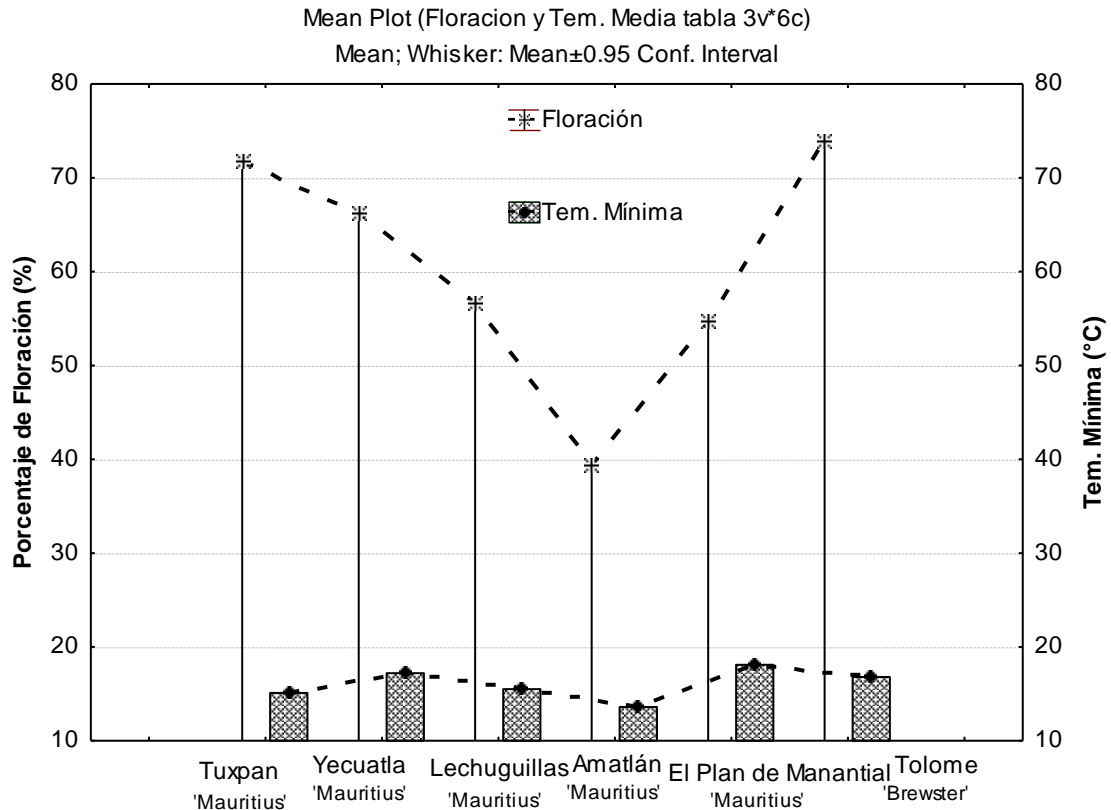


Figura 4. Relación porcentaje de floración y la temperatura mínima (°C) de las seis huertas evaluadas en el estado de Veracruz, durante el ciclo 2009-2010.

Características de brotes florales y vegetativos

Las cinco huertas con el cultivar 'Mauritius' presentan diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en todas las variables evaluadas (Cuadro 10). Para el cultivar 'Brewster' solo se presenta la media y la desviación estándar de cada variable y sus valores son similares a los del cultivar 'Mauritius', excepto en la variable de brotes florales que fue la que tuvo el mayor porcentaje de floración 73.80 (± 11.9 %) en comparación de los valores medios de las huertas con el cultivar 'Mauritius'.

La prueba de medias (Tukey, $P \leq 0.05$) hizo la separación entre huertas con el cultivar 'Mauritius', la huerta de Tuxpan es superior en diámetro (mm), longitud de brote (cm), número de hojas y porcentaje de floración (%); esta huerta se

encuentra ubicada a mayor latitud norte. La huerta Lechuguillas que se encuentra bajo un manejo orgánico, presentó los menores valores en diámetro (mm), longitud (cm) y número de hojas por brote de las cinco huertas del cultivar 'Mauritius'.

Cuadro 10. Características de los brotes de litchi en los cultivares 'Mauritius' y 'Brewster' en seis huertas del estado de Veracruz en el año 2010.

Huertas	Variables evaluadas de brotes				
	Diámetro	Longitud	Hojas	Florales	Vegetativos
	mm	cm		%	%
'Mauritius'					
Tuxpan	5.44±0.9a [†]	17.50±5.3a	7.6±1.9a	71.63±9.2 a	28.36±9.2c
Yecuatla	5.20±0.8ab	15.57±4.3ab	7.4±2.0ab	66.28±17.1ab	33.71±17.1bc
Lechuguillas	4.67±0.7c	10.60±4.1c	5.7±1.5c	56.67±16.6 b	43.32±16.6b
Amatlán	5.24 ±1.0a	17.79±6.9a	6.7±2.0b	39.43±25.4 c	60.56± 25.4a
El Plan de Manantial	4.81±1.2bc	14.82±4.5b	6.7±1.4b	54.58±13.9 b	45.41±13.9b
'Brewster'					
Tolome	4.35±0.8	13.90±4.5	6.2±1.4	73.80±11.9	26.19±11.9
DMS	0.29	1.61	0.55	10.7	10.7

[†] Medias con letras iguales de una misma columna no son estadísticamente diferentes, según la prueba de Tukey (P ≤ 0.05).

La huerta Amatlán es igual a la huerta Tuxpan en las variables de longitud (cm) y diámetro (mm) de brote, es superior a todas en porcentaje de brotes vegetativos e inferior en menor porcentaje de brotes florales; esta huerta se encuentra a menor latitud norte y a mayor altitud que las otras huertas. En la Figura 5 se muestra un

brote floral y un brote vegetativo de la huerta de Lechuguillas, donde se aprecia que el brote nuevo es relativamente pequeño, cabe aclarar que en esta huerta hacen una poda de brotes después de cada cosecha.



Figura 5. Características de un brote floral y uno vegetativo en la huerta Lechuguillas, Veracruz 2010.

En la Figura 6 se representa el porcentaje de brotes florales y vegetativos en cada una de las huertas y por cultivo. La relación general que se observa es que a mayor porcentaje de brotes florales hay menor porcentaje de brotes vegetativos. La huerta Tolome (cv 'Brewster') presentó el mayor porcentaje de brotes florales y la huerta de Tuxpan con el cultivar 'Mauritius' tuvo el mayor porcentaje y la que presentó el menor porcentaje para el mismo cultivar fue la huerta de Amatlán.

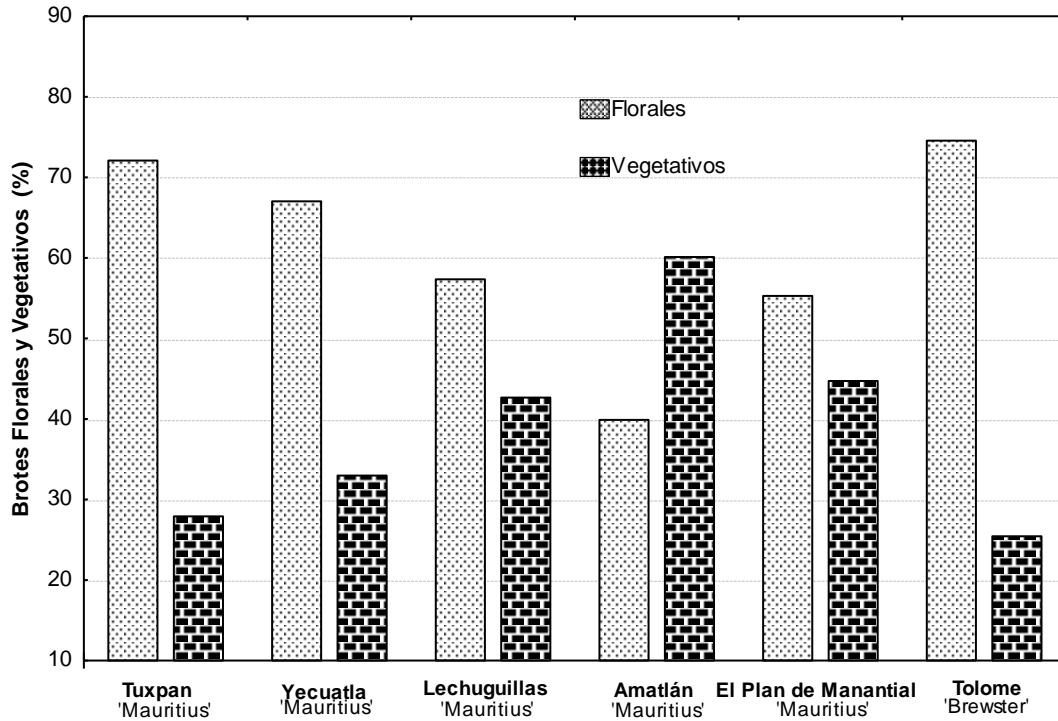


Figura 6. Porcentaje de brotes florales y vegetativos en el cultivo de litchi en huertas del estado de Veracruz.

Número de frutos

En la Figura 7 se muestra el valor medio de frutos de litchi por racimo a 30 días después del amarre y 15 días antes de la cosecha. Existe una pérdida de frutos de litchi entorno al 50 y 70 %, entre los 30 y 70 días de desarrollo del fruto. La comparación entre cultivares, las huertas con 'Mauritius' presentaron mayor número de frutos por racimo previos a ser cosechados que la huerta con el cultivar 'Brewster'. Esta última presentó menor número de frutos por racimo (1.9 frutos por racimo), aunque en floración tuvo mayor porcentaje de brotes florales.

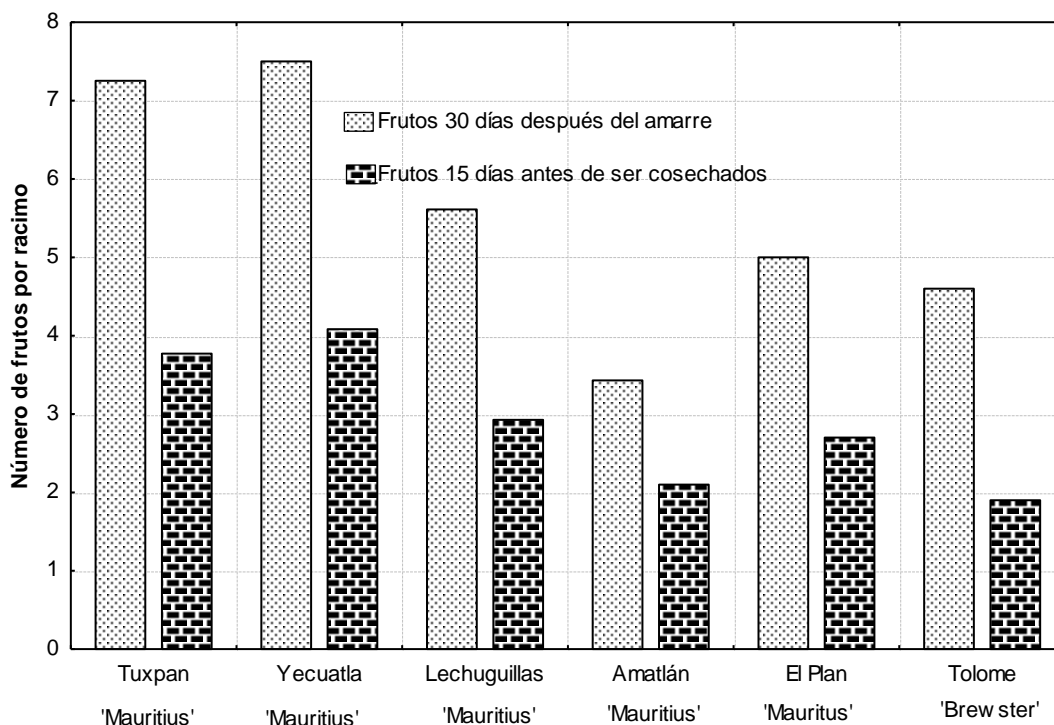


Figura 7. Valor medio de frutos de litchi por racimo, después del amarre y previos a ser cosechados en los cultivares 'Mauritius' y 'Brewster'.

Entre huertas del cultivar 'Mauritius', Yecuatla obtuvo 4.1, seguida de las huertas de Tuxpan 3.6 y Lechuguillas 3.5 frutos por racimo. Estas huertas son las que se encuentran a mayor latitud norte de las seis huertas evaluadas. El número de frutos por racimo depende del cultivar y se agrupan desde 3 a 50 frutos por racimo (Figura 8) En esta investigación la huerta con el cultivar 'Brewster' presentó 1.9 frutos por racimo y este valor es similar a lo reportado por Crane *et al.* (1998) en huertas de litchi con el cultivar 'Brewster' de 2 a 4 frutos por racimo en el estado de Florida, Estados Unidos.

La fructificación en 'Mauritius' se da por racimo y tienen un color rosa-rojizo Figura 8 A y 'Brewster' se caracteriza por fructificar en menor número de frutos por racimo y su color es rojo brillante Figura 8 B (Sivakumar y Korsten, 2006).



A



B

Figura 8. Fructificación de litchi en los cultivares 'Mauritius' A y 'Brewster' B

Análisis de suelo

El análisis de suelo se muestra en el Cuadro 11, donde el pH tiende a ser neutro en las seis huertas y se encuentran dentro del parámetro para el litchi, ya que según Galán, (2003) la mayoría de los frutales tienen una amplia adaptación a condiciones de suelo, aunque casi todos requieren un buen drenaje y pH próximo a la neutralidad. La huerta Amatlán fue la que presentó menor pH 5.2 en la determinación de 20 a 40 cm de profundidad y de acuerdo a la literatura un suelo con pH ácido tiende a presentar problemas por deficiencia de nutrientes (Marschner, 2002). Esta huerta fue la de menor porcentaje de floración 39.44 % y menor número de frutos por racimo del cv 'Mauritius' (2.1 frutos). En nitrógeno (N) fue la huerta de mayor porcentaje 0.195 % al igual que en materia orgánica (5.44 %) lo que se ve reflejado en el mayor tamaño de brotes 17.79 (\pm 6.9 cm) y porcentaje de brotes vegetativos 60.56 (\pm 25.4%). La literatura menciona que un exceso en la concentración de nitrógeno se asocia a flujos vegetativos y disminución de la floración (Li *et al.*, 2001). El potasio (K) un elemento importante para el fruto, la huerta Amatlán presentó 0.14 Meq 100g⁻¹ y fue el menor valor de las seis huertas. Esto puede asociarse al amarre de frutos por racimo que solo fue de 2.1 frutos en la huerta Amatlán. Lo anterior coincide con la literatura que la falta de potasio (K) y agua limitan el desarrollo de fruta lo que se ve reflejado en el rendimiento final (Menzel *et al.*, 1992; Mitra y Pathak, 2010).

De acuerdo con Menzel *et al.* (1992) la falta de nitrógeno afecta el desarrollo de los árboles. Lo anterior se corrobora con la huerta Lechuguillas que presentó el menor porcentaje de nitrógeno (N) 0.07 % en la determinación de 0 a 20 cm de profundidad en el suelo y esto afecta el desarrollo de brotes. Esta huerta fue la que presentó la menor longitud de brotes 10.60 (\pm 4.1 cm), diámetro 4.67 (\pm 0.7 cm) y número de hojas por brote 5.7 (\pm 1.5). La conductividad eléctrica en las seis huertas es de 0.61 a 0.39 dSm⁻¹. Esto significa que son suelos bajos en sales, ya que de acuerdo con Vázquez (1996) los suelos con conductividad eléctrica menor a 2 dSm⁻¹ se consideran no salinos y aptos para el cultivo de frutales.

Cuadro 11. Características físicas y químicas del suelo en seis huertas de litchi en el estado de Veracruz.

Huertas	Determinación 0 - 20 cm										
	pH	C.E.	N	P	K	Textura	Zn	Cu	CC	PMP	M.O.
		dSm ⁻¹	%	ppm	Meq 100g ⁻¹		ppm	ppm	%Hum.	%Hum.	%
Tuxpan	7.4	0.4	0.12	6.64	0.561	Franco Arcilloso	0.699	0.846	24.8	13.8	2.51
Yecuatla	6	0.18	0.09	30	0.726	Arcilla	9.515	1.699	30.9	21.2	1.95
Lechuguillas	7.2	0.39	0.07	11.39	0.66	Franco	0.61	1.593	21.2	12.8	1.53
Amatlán	5.4	0.06	0.22	14	0.444	Arcilla	1.562	0.924	36.3	26.7	5.44
El Plan de Manantial	7	0.21	0.09	30.5	1.87	Franco	1.299	0.319	19.3	11.1	2.23
Tolome	7	0.26	0.12	22.5	1.87	Franco Arcilloso	1.558	1.324	24	12.4	0.251
Determinación 20 - 40 cm											
Tuxpan	7.4	0.23	0.041	1.89	0.352	Franco Arcilloso	0.32	0.153	21.4	11.6	0.83
Yecuatla	6.1	0.18	0.125	21	0.737	Arcilla	3.545	0.996	30.7	19.5	2.51
Lechuguillas	7.5	0.26	0.041	5.69	0.286	Franco arenoso	0.085	0.692	15.9	10.1	0.83
Amatlán	5.2	0.07	0.195	5	0.143	Arcilla	0.371	0.183	38.3	30.6	3.9
El Plan de Manantial	6.9	0.13	0.125	22.5	1.32	Franco	2.156	0.163	23.8	14.9	1.95
Tolome	6.9	0.15	0.111	22	1.32	Franco arcilloso	1.102	0.768	23.7	12.9	0.223

También se puede apreciar que la capacidad de intercambio catiónico y el porcentaje de materia orgánica, de acuerdo a Cottenie (1980) y Vázquez (1996) es alto y medio respectivamente.

El litchi es frutal poco exigente en cuanto a suelo, su sistema radical es fibroso, se adapta bien a suelos someros (para frutales), por ejemplo hasta 40 ó 50 cm de profundidad. Para el tipo de textura se determinaron suelos arcillosos, francos y arenosos. Lo anterior coincide con lo reportado en la literatura, que los suelos más adecuados para el litchi son limos, ácidos o limosos de río (Baker, 2002).

En el resultado de los nutrientes del suelo, para nitrógeno (N), fosforo (P), potasio (K), zinc (Zn) y cobre (Cu) los valores fueron diferentes entre huertas, estos nutrientes son fundamentales para el litchi ya que si existe una deficiencia de nutrientes se verá reflejado de manera negativa en el cuajado, desarrollo y rendimiento del fruto (Menzel *et al.*, 1992) como se pudo observar en la huerta de Amatlán y Lechuguillas.

Manejo del cultivo

El manejo de huertas es diferente para cada una de ellas, lo que se ve reflejado en el porcentaje de floración y rendimiento t/ha. En el Cuadro 12 se muestra un resumen del estado actual de las prácticas de manejo de cada huerta de litchi y su porcentaje de floración en el año 2010.

La huerta Tuxpan con el cultivar 'Mauritius' tiene una plantación de árboles entre ocho y quince años, con una superficie de 48 hectáreas. Se realiza el control de malezas con tractor y se fertiliza dos veces al año. Se realizan podas de formación y control de tamaño del árbol en el mes de junio y julio después de la cosecha. Esta huerta esta en un suelo aluvial, no cuenta con riego y está ubicada a 7 msnm, su floración se da en el mes de enero. El tipo de clima es cálido húmedo extremo $Aw_2''(e)$ y es la huerta que esta a mayor latitud norte de las seis huertas evaluadas. Obtuvo el mayor porcentaje de floración y un rendimiento de casi 8 t ha^{-1} .

La huerta Yecuatla cuenta con una superficie de 2 hectáreas con árboles de 12 años de edad, tiene el cultivar 'Mauritius' y no se aplica ningún tipo de fertilización y no cuenta con riego. Aunque cada año se le intercala el cultivo de maíz y este sí es fertilizado. Está ubicada a 309 msnm y la floración se da a mediados del mes de enero. Cuenta con un tipo de clima cálido húmedo extremoso Af(m)(e) y fue la segunda huerta de mayor porcentaje de floración en el cultivar 'Mauritius', después de la de Tuxpan y el resto.

Lechuguillas tiene una superficie de cuatro hectáreas con el cultivar 'Mauritius' y los árboles tienen una edad entre ocho y diez años. Está ubicada a 15 msnm y su manejo es orgánico, su fertilización es con lombricomposta en el área de goteo de los árboles y con lixiviados de la lombricomposta en la copa, aplicados en aspersión foliar. El control de malezas se realiza de forma manual tres veces por año y el control de plagas se realiza dos veces por año con bombas aspersoras, utilizando fungicidas orgánicos a base de semillas de nim. Predomina un tipo de clima cálido húmedo con poca oscilación isotermal Aw₂'(w)(i'). La floración se presenta a finales del mes de enero y la cosecha se da a principios de mayo, el corte se realiza por racimos de un tamaño de 20 a 30 cm de rama utilizando tijeras.

En la huerta Amatlán se cultiva principalmente el cv 'Mauritius' y unos 12 árboles del cv 'Brewster', tiene una superficie de dos hectáreas y los árboles una edad de diez años. Se encuentra ubicada a menor latitud norte de las seis huertas evaluadas, pero se encuentra a mayor altitud 732 msnm. En esta huerta el manejo es mínimo, ya que solo se realiza control de malezas dos veces por año de forma manual, no se riega, no se fertiliza, no se poda y mucho menos se realizan prácticas para inducir la floración como es el anillado o aplicación de hormonas. El clima de la región es cálido subhúmedo con poca oscilación isotermal Am(i')g. Es la primera huerta en florecer a principios del mes de diciembre y presentó el menor porcentaje de floración (39.44 %). La cosecha se da a finales del mes de mayo y se realizan cortes por racimo de forma manual.

En la huerta El Plan de Manantial con el cultivar 'Mauritius', los árboles tienen una edad de ocho años, cuenta con una superficie de tres hectáreas y presenta una textura de suelo de tipo Franco-arcilloso. Se ubica a 28 msnm y el control de malezas se realiza dos veces por año con tractor. Se fertiliza una vez por año y el riego es por goteo, desde el mes de enero a mayo, lo que es durante la etapa de floración hasta cosecha del fruto. Cuenta con un tipo de clima cálido subhúmedo, con poca oscilación isotermal $A_{w_0}''(w)(i)g$. La cosecha se realiza de forma manual y se da corte por frutos al inicio y al final de la cosecha por racimos.

En la huerta Tolome se tienen los cultivares 'Brewster' y 'Mauritius', con edades de árboles desde los tres hasta los 40 años. La investigación se realizó con arboles del cultivar 'Brewster' con una edad aproximada de diez años. Tiene un clima cálido subhúmedo $A_{w_0}''(w)(i)g$ que se caracteriza por presentar poca oscilación isotermal. Esta huerta se ubica a 29 msnm y el tipo de manejo que se le da es convencional, se fertiliza dos veces por año, se realizan podas de control de tamaño de los árboles en el mes de junio, después de la cosecha de frutos y el anillado de ramas se da en el mes de noviembre para inducir brotes florales a principios del mes de febrero. Esta huerta presentó mayor porcentaje de floración 73.81 % comparado con los valores medios del cultivar 'Mauritius'. La cosecha se da a finales del mes de Mayo y principios de Junio, el corte se realiza de forma manual fruto por fruto o en ocasiones por racimos.

La huerta con mayor manejo es Lechuguillas (rendimiento 2.8 t ha^{-1}) y las de menor manejo o prácticamente nulo son Amatlán y Yecuatla, que tienen un rendimiento aproximado de 3.0 t ha^{-1} . La huerta Tuxpan fue la mejor en producción, casi 8 t ha^{-1} en el año 2010, esta huerta no tiene riego y tampoco se realiza anillado de ramas para favorecer la floración Cuadro 12.

Cuadro 12. Prácticas de manejo en seis huertas de litchi en el estado de Veracruz en el año 2010

Prácticas de manejo	Tuxpan	Yecuatla	Lechuguillas	Amatlán	El Plan de Manantial	Tolome
Cultivar	'Mauritius'	'Mauritius'	'Mauritius'	'Mauritius'	'Mauritius'	'Brewster'
Superficie (ha)	48.0	2.0	4.0	2.0	2.5	44.0
Manejo Precosecha						
Control de maleza	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Poda	Si	No	Si	No	Si	Si
Fertilización	Si	No	Si	No	No	Si
Riego	No	No	Si	No	Si	Si
Control de plagas y enfermedades	Si	No	Si	No	No	Si
Anillado	No	No	Si	No	No	Si
Manejo Poscosecha						
Selección	Si	No	Si	No	No	Si
Transporte en frío	Si	No	Si	No	No	Si
Porcentaje de floración (%)	71.63	66.28	56.68	39.44	54.58	73.81
Rendimiento (t ha⁻¹)	7.4	3.6	2.8	2.5	2.1	4.1
Tipo de clima*	Aw ₂ ''(e)	Af(m)(e)	Aw ₂ ''(w)(i')	Am(i')g	Aw ₀ ''(w)(i')g	Aw ₀ ''(w)(i)g

*Localidades y climas del estado de Veracruz (Soto, 1986).

1.4. CONCLUSIONES

Existen diferencias en la respuesta de floración en las huertas, esto está determinado por las bajas temperaturas, que están relacionadas con la latitud y altitud donde se encuentran establecidas las huertas.

La fructificación presentó variación lo que tiene relación con el cultivar, ambiente y prácticas de manejo; para el cv 'Mauritius' las huertas Yecuatla y Tuxpan presentaron mayor media de frutos por racimo y la huerta Tolome(cv 'Brewster') presentó mayor porcentaje de floración, pero menor frutos por racimo.

Las huertas que presentaron mayor vigor en brotes son las que se encuentran localizadas a mayor latitud norte (Tuxpan y Yecuatla), cuentan con un clima extremoso (e) y por lo tanto se dan las condiciones climáticas que la especie requiere. Caso contrario para la huerta de Amatlán que presentó menor porcentaje de floración y número de frutos por racimo y se encuentra ubicada a menor latitud norte de las huertas evaluadas.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada de maestría. **No. 231601**

A la **LPI-2 Agroecosistemas Sustentables** del Colegio de Postgraduados por las facilidades otorgadas en la investigación.

1.5. LITERATURA CITADA

- Baker, S. A. 2002. Lychee production in Bangladesh. The Lychee Crop in Asia and the Pacific. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Bangkok, Thailand. pp.15-28.
- Cottenie, A. 1980. Los análisis de suelos y las plantas como base para formular recomendaciones sobre fertilizantes. Boletín de suelos de la FAO 38/2. FAO, Roma, Italia. 108 p.
- Chen, H. and H. Huang. 2000. China litchi industry: Development, achievements and problems. Acta Horticulturae 508: 31-39.
- Crane, J. H., C. F. Balerdi, R. J. Campbell y R. J. Knight. 1998. EL litchi en Florida. Departamento de agricultura en la Universidad de Florida. <http://hammock.ifas.ufl.edu>. Consulta en línea 10 de agosto 2012.
- De la Garza, A. 2003. El cultivo de litchi. Folleto Técnico No. 1. Campo experimental Huichihuayan. INIFAP. Huichihuayan, S.L.P. 20 p.
- Galán, S. V. 2003. Fruit: Tropical and Subtropical. En Katz, S. H. and Weaver, W. W. (eds.). The Encyclopedia of Food and Culture. Charles Scribners and Sons. New York 2: 70-78.
- Galán, S. V. y U. G. Menini 1987. El litchi y su cultivo. Estudio FAO. Producción y protección Vegetal 83. Roma Italia. 205 p.
- García-Pérez, E. & Martins, A. B. G. 2006. Florescimento e frutificação de licheirias em função do anelamento de ramos. Revista Brasileira de Fruticultura 28(1): 492-494.
- Herrera, T. M. F., Aguas, A. A. y Montiel F.A. 2009. Memoria. XXII Reunión Científica Tecnológica Forestal y Agropecuaria. Caracterización Agroclimática de la región centro del estado de Veracruz para un manejo adecuado del cultivo de litchi. *Litchi chinensis* Sonn. 87 p.
- Li, Y., T. L. Davenport, R. Rao and Q. Zheng. 2001. Nitrogen, flowering and production of lychee in Florida. Acta Horticulturae 558: 221-224.
- Marschner, H. 2002. Mineral nutrition of higher plants. 2^a ed. Academic Press, London K. 389 p.

- Mitra, S. K. and P. K. Pathak. 2010. Litchi production in the Asia-Pacific region. *Acta Horticulturae* 863: 29-36.
- Menzel, C. M., M. L. Carseldine, G. F. Haydon and D. R. Simpson. 1992. A review of existing and proposed new leaf nutrient standards for lychee. *Scientia Horticulturae* 49: 3-53.
- Menzel C. M. and D. R. Simpson. 1993. Fruits of tropical climate-Fruits of sapindaceae. *Encyclopedia of Food Science, Food Technology and Nutrition* Eds. Macrae, R. Robinson, R. K. and Sadler, M. J. Academic Press. Londres. 108 p.
- Menzel, C. M. and G. K. Waite. 2005. Litchi and Longan Botany, Production and Uses. CABI Publishing. British Library. London, UK. 297 p.
- Osuna, E. T., Valenzuela R. G., Muy R. M. D., Gardea B. A. A. y Villareal R. M. 2008. Expresión del sexo y anatomía floral del litchi (*Litchi chinensis* Sonn). *Revista Fitotécnica Mexicana* 31 (1): 51-56.
- SIAP (Sistema de información agrícola y pesquera). 2009. Superficie plantada de litchi. <http://.siapsagarpa.gob>. Consulta en línea 20 de marzo 2012.
- 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.
- Smit, M., J. J. Meintjes, G. Jacobs, P. J. Stassen and K. I. Theron. 2005. Shoot growth control of pear trees (*Pyrus communis* L.) with prohexadione calcium. *Scientia Horticulturae* 106: 515-529.
- Soto, E. M. 1986. Localidades y climas del estado de Veracruz. Editorial Herb. Instituto nacional de investigaciones sobre recursos bióticos. Xalapa, Veracruz, México. 137 p.
- Rindermann S. E. y Gómez-Cruz M. A. 2001. El litchi. 2ª Edición. Mundí-prensa. México. 144 p.
- Vázquez, A. 1996. Guía para interpretar el análisis químico del agua y suelo. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de suelos. Segunda Edición. México 185 p.

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(3): 721-724.

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 ultrastructure, antioxidant enzymes and phytohormones. Scientia Horticulturae 117: 288-292.

CAPÍTULO 2.
**CALIDAD DE FRUTO DE LITCHI (*Litchi chinensis* Sonn.) EN EL ESTADO DE
VERACRUZ, MÉXICO**

**FRUIT QUALITY OF LITCHI (*Litchi chinensis*) IN THE STATE OF
VERACRUZ, MEXICO**

Aristarco Aguas Atlahua¹; Eliseo García Pérez^{1*}; Antonio Trinidad Santos²;
Octavio Ruiz Rosado¹

¹ Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Km. 88.5 Carretera Federal Xalapa – Veracruz. Predio Tepetates, Mpio. de Manlio F. Altamirano, Veracruz, CP. 91674. Tel. (229) 201 0770 y Fax (229) 920 7285. ² Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo Texcoco Estado de México. C.P. 56230

*Autor para correspondencia (geliseo@colpos.mx ; eligarpe05@hotmail.com)

Artículo enviado a la revista Fitotecnia Mexicana en revisión

RESUMEN

Veracruz es el estado de la República Mexicana con mayor superficie plantada de litchi(1,499.25 hectáreas). No existen estudios de las características físicas y químicas de los frutos de litchi. El objetivo fue evaluar los parámetros de calidad en frutos de litchi, de los cultivares 'Mauritius' y 'Brewster' de las regiones centro y norte del estado de Veracruz. Se ubicaron seis huertas contrastantes y representativas en cinco municipios. Se tomaron de 2 a 4 kg de fruto en cada huerta, de estos se seleccionaron al azar 40 frutos y las variables evaluadas fueron: longitud, diámetro, firmeza, peso de fruto y componentes (pulpa, cáscara y semilla), sólidos solubles totales (SST), acidez titulable (AT), color de pericarpio en pureza de color (Chroma) y tono de ángulo (°Hue). Hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre huertos y cultivares en las variables de calidad de fruto. 'Brewster' presentó mayor longitud de fruto 36.38 (± 1.48 mm), peso de cáscara 4.18 (± 0.65 g), peso de semilla 3.03 (± 1.07 g), firmeza 44.36 (± 5.43 New.) y mayor matiz de color 39.06 (± 3.91 Chroma). El cultivar 'Mauritius' presentó mayor peso de fruto 21.24 (± 2.34 g) y sólidos solubles totales 20.48 (± 1.38 °Bx). En los componentes del fruto, el cv 'Brewster' fue superior en porcentaje de cáscara y semilla. En el diámetro ecuatorial de los frutos, las seis huertas evaluadas alcanzan el calibre mínimo de 20 mm, para las categorías I y II, de acuerdo a la norma de calidad del Código Alimentario Internacional.

Palabras clave: *Litchi chinensis*, color, tamaño de fruto, grados °Brix, acidez titulable, sólidos solubles totales.

SUMMARY

Veracruz is the Mexican state with greatest amount of surface area devoted to litchi production (1,499.25 hectares). Yet, there are no studies on the physical and chemical characteristics of litchi fruit in Mexico. The present objective was to evaluate the quality of litchi fruits in the cultivars 'Mauritius' and 'Brewster' from the central and northern regions of the state of Veracruz. Six contrasting orchards in each of five municipalities were selected. Two to four kilograms of fruit were collected from each orchard, and from these, 40 fruits were randomly selected and evaluated for length, diameter, firmness, weight of fruit and its components (pulp, shell and seed), total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), pericarp color as color purity (Chroma) and hue angle ($^{\circ}$ Hue). There were significant differences in fruit quality among orchards and cultivars. 'Brewster' had greater fruit length 36.38 (± 1.48 mm), shell weight 4.18 (± 0.65 g), seed weight 3.03 (± 1.07 g), firmness 44.36 (± 5.43 New.) and greater shades of color 39.06 (± 3.91 Chroma). The cultivar 'Mauritius' had greater fruit weight 21.24 (± 2.34 g) and total soluble solids 20.48 (± 1.38 $^{\circ}$ Bx). For the fruit components, cv 'Brewster' had a higher percentage of shell and seed. In equatorial diameter of the fruits, the six orchards surpassed the minimum caliber of 20 mm for categories I and II according to the norms of quality for the International Food Code.

Keywords: *Litchi chinensis*, color, fruit size, degrees $^{\circ}$ Brix, titratable acidity, total soluble solids.

2.1. INTRODUCCIÓN

El litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) es un árbol de clima subtropical, cuyo centro de origen es el sur de China y norte de Vietnam (Zhou *et al.*, 2008). Se adapta en las zonas subtropicales del mundo, que presentan inviernos secos, libres de heladas y humedad relativa alrededor del 75 %. En la mayoría de los países donde se cultiva presenta alternancia de producción, por características genéticas de los cultivares o por la falta de inviernos frescos que no permiten una adecuada floración. Esta respuesta está relacionada con las variaciones del clima, si existen temperaturas menores de 20 °C durante un periodo de 45 días previos a la floración, habrá mayor estímulo de brotes florales (Mitra y Pathak, 2010).

El litchi produce un fruto que se caracteriza por su color rojo brillante, arilo dulce, jugoso y crujiente (Holcroft y Mitcham, 1996; Jiang *et al.*, 2006) con demanda en los mercados nacionales e internacionales. La producción de litchi a nivel mundial se estima en alrededor de los 2.3 millones de toneladas Houbin (2006), de las cuales el 95 % se produce en la región de Asia-Pacífico y los países que destacan son: China, India, Tailandia, Australia y Vietnam (Mitra y Pathak, 2010). La producción del continente americano es en torno de 60,000 t y los países en los que se produce son principalmente EUA, México y Brasil (Evans *et al.*, 2004; Cronje *et al.*, 2006).

En México fue introducido a principios del Siglo XX, en el estado de Sinaloa, pero es hasta las décadas de los 70 y 80 que se establecen las primeras plantaciones comerciales en el país (De la Garza, 2004). Los principales cultivares en el país son 'Brewster', 'Mauritius', 'Kwai may' 'Haak Yip', 'Groff' y 'Sweet Cliff' (Rinderman y Gómez, 2001). En los últimos diez años las plantaciones de litchi han tenido un aumento significativo en México, en el 2003 se reportaron 3,980 hectáreas a nivel nacional y 550 en el estado de Veracruz (De la Garza, 2004). Los principales estados de la república mexicana donde se cultiva litchi son: Veracruz, Oaxaca, Chiapas, Puebla, Sinaloa y Michoacán. Estadísticas oficiales muestran que

Veracruz es el estado de la república mexicana con mayor superficie de litchi, con un total de 1,499.25 hectáreas y una producción de 22,549.01 toneladas (SIAP, 2010). Los municipios que destacan con plantaciones de litchi son: Papantla, Tihuatlan, Chicontepec, Martínez de la Torre, Tlapacoyan, Paso del Macho, Paso de Ovejas y Córdoba, Veracruz. Estos municipios se encuentran ubicados en zonas con clima tropical (Aw) (Soto, 1986), pero con diferencias en temperaturas, lo que provoca que el litchi tenga una respuesta de floración y fructificación distinta para cada región del estado de Veracruz.

La producción de litchi en Veracruz se comercializa a nivel local, regional, nacional e internacional. Los mercados extranjeros donde se exporta el litchi son: EUA, Japón, Francia y Canadá. A nivel nacional la fruta se transporta a la central de abastos de la ciudad de México, y de ahí se distribuye a otras ciudades. La deficiente organización de los productores para la comercialización del fruto en el mercado internacional, ocasiona que lo vendan a bajos costos a nivel local y nacional. SIAP (2010), reportó el precio medio rural (PMR) de litchi a \$ 14.50 pesos a nivel nacional y en el estado de Veracruz solo alcanzó \$ 9.50 pesos.

El litchi se caracteriza por tener un fruto no-climatérico, que no continua su maduración después de cosecha, por lo que esta, se debe realizar cuando el fruto este maduro en el árbol (Chen *et al.*, 2001; Hajare *et al.*, 2010). Presenta un pericarpio delgado (1 a 3 mm), de consistencia áspera y textura rugosa, que adquiere un color rojo intenso en madurez de consumo (Pesis *et al.*, 2002). La forma del fruto es esférica, oblonga o con forma de corazón y mide entre 25 a 40 mm de longitud (Jiang *et al.*, 2003). El fruto es reconocido por presentar un arilo jugoso, con un delicioso sabor refrescante (Wang *et al.*, 2010; Kumar *et al.*, 2011). La parte comestible es el arilo, que es de color blanco traslucido y que cubre la semilla (Nacif *et al.*, 2001). La semilla representa entre el 10 y 18 % del peso del fruto (Galán y Menini, 1987). El fruto está constituido principalmente por agua (76-87 % del peso de la pulpa), azúcares (11.8-20.6 % según cultivar), acidez titulable (0.2-1.1 %), vitamina C y proteínas en baja cantidad (Carvalho y Salomão, 2000).

Los criterios de calidad para los frutos de litchi se dividen en externos e internos. Para los externos incluyen principalmente el color de la cáscara, que es uno de los atributos más importantes en el litchi (Sivakumar y Korsten, 2006). Se prefiere un color rojo brillante en la cáscara, el tamaño del fruto; que esté libre de daño mecánico, pudriciones y agrietamientos; mientras que los internos incluyen el tamaño de la semilla, los SST y la relación SST/AT, lo anterior está en función del cultivar (Cronje *et al.*, 2009).

En México y específicamente en el estado de Veracruz, no se cuentan con registros de calidad de frutos de litchi, tampoco determinaciones de las características físicas y químicas, presentes en los cultivares de diferentes regiones del estado. El peso y tamaño de fruto juegan un papel importante en la aceptación del consumidor; sin embargo, el color del fruto, sabor y firmeza, también se consideran atributos importantes de calidad, que determinan el potencial de venta de litchi en los mercados internacionales. Contar con parámetros de calidad del fruto de litchi a nivel local, puede ser de gran ayuda para garantizar estándares de calidad, requeridos por el Código Alimentario Internacional para las exportaciones. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue determinar las características físicas y químicas de frutos de litchi en los cultivares 'Mauritius' y 'Brewster' cultivados en seis sitios de las regiones centro y norte del estado de Veracruz en el año 2010.

2.2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo de noviembre 2009 a junio de 2010. Para la ubicación de las huertas, se realizó un recorrido en las regiones centro y norte del estado de Veracruz con el fin de elegir huertas representativas, similares en edad de árboles y cultivares. Se seleccionaron seis huertas, tomando como criterio principal que fueran contrastantes en su ubicación geográfica: latitud, longitud y altitud sobre el nivel del mar.

En el Cuadro 13 se muestra la ubicación geográfica de las huertas y el tipo de cultivar presente en cada una de ellas. Se encuentran en cinco municipios del estado, en zonas con clima tropical (Aw) (Soto, 1986). Cinco huertas con el cultivar ‘Mauritius’ y una con ‘Brewster’. La edad de los árboles varió de 8 a 12 años, con diferencias importantes en el manejo. Las huertas de Tolome, El Plan de Manantial y Lechuguillas, cuentan con riego desde el inicio de floración hasta la cosecha de frutos y las otras tres huertas son de temporal. La huerta de Lechuguillas está certificada bajo producción orgánica. Las distancias de plantación son de 7 x 7 y 8 x 8 m.

Cuadro 13. Localidades y municipios de las huertas seleccionadas, tipo de cultivar presente y ubicación geográfica.

Huertas	Cultivar	Latitud Norte*	Longitud Oeste*	Altitud msnm*
1. Tuxpan, Ver.	‘Mauritius’	20° 54’ 58”	97° 25’ 29”	7
2. Yecuatla, Ver.	‘Mauritius’	19° 53’ 23”	96° 45’ 17”	309
3. Lechuguillas, Ver.	‘Mauritius’	19° 59’ 40”	96° 35’ 12”	15
4. Amatlán, Ver.	‘Mauritius’	18° 50’ 47”	96° 23’ 08”	732
5. El Plan de Manantial, Ver.	‘Mauritius’	19°12’ 57”	96°22’36”	28
6. Tolome, Paso de Ovejas, Ver.	‘Brewster’	19° 16’ 18”	96° 24’ 14”	29

*Datos obtenidos GPS Garmin map76csx®

Toma de muestra

La colecta se llevó a cabo en los meses de mayo y junio de 2010, cuando los frutos alcanzaron la madurez de consumo; identificada por el color rojo de la cáscara en toda la superficie del fruto, tenue para el cv ‘Mauritius’ e intenso para ‘Brewster’ (Pesis *et al.*, 2002). En 10 árboles de cada huerta, ubicados en sigzag, se colectaron 4 kg de fruto de la parte media de la copa, con el fin de obtener una muestra representativa. Los frutos fueron transportados en hieleras de nieve seca y se mantuvieron en refrigeración a una temperatura de 12 °C.

Se tomó al azar una muestra de 40 frutos por huerta, para determinar las siguientes variables físicas y químicas: Longitud (mm) del fruto, medido de la base al ápice, con un vernier digital de 150 mm Mitutoyo[®]. Diámetro (mm), medido en la parte media del fruto, con un vernier digital. Peso de fruto (g), Peso de cáscara (g) y Peso de semilla (g), con una balanza digital Es-3000, con 0.1 g de precisión, Modelo JD300[®]. El peso de pulpa (g) se obtuvo por diferencia entre el peso total de fruto, menos el peso de la cáscara y la semilla. Firmeza del fruto (Newton), se determinó con un Penetrómetro digital modelo FM02380[®] para ello se utilizó el probador de 5 mm y se realizaron dos punciones en la parte ecuatorial del fruto con cáscara.

Color de fruto (^oHue y Chroma), se determinó utilizando el colorímetro triestímulo Angguang WSD-3A[®], 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 XYZ, posteriormente se realizó la conversión a L*, a* y b* conforme a la metodología de (Wyszecki y Stiles, 1982). El sistema de medición de la Comisión Internacional en Iluminación (CIE) determinó que L* mide el brillo de la superficie, a* representa la intensidad del color verde o rojo y b* la intensidad del color azul o amarillo (Aular *et al.*, 2002). Lo anterior con el fin de calcular el ángulo ^oHue y el Chroma. El ángulo de tono (^oHue) varía de 0^o a 360^o (0^o=Rojo, 90^o=Amarillo, 180^o=Verde y 270^o=Azul) (McGuire, 1992). La pureza de color o cromaticidad (Chroma) expresa la proporción del contenido cromático. Las ecuaciones aplicadas fueron ángulo ^oHue = $\tan^{-1} (b^*/a^*)^2$ y Chroma = $(a^{*2} + b^{*2})^{0.5}$, según la metodología descrita por (López y Gómez, 2004). Sólidos solubles totales (SST), se determinó con un refractómetro ATAGO PAL-1[®] (Intervalo 0-32 ^oBrix) previamente calibrado con una gota de agua destilada, después con una pipeta volumétrica de cinco ml, se colocó una gota de jugo de litchi de cada fruto en el refractómetro y se procedió a la lectura.

Acidez Titulable (%), se utilizó la técnica descrita por la A.O.A.C. (2000). Se extrajo de forma manual el jugo de cada fruto de litchi, utilizando guantes de látex

gloves-KS-OT2[®] y con el apoyo de una pipeta volumétrica, se colocaron cinco ml de jugo en un vaso de precipitado de 250 ml, al cual se le agregaron dos gotas del indicador fenolftaleína. Para la titulación se utilizó hidróxido de sodio al 0.1 N. La acidez total se calculó en porcentaje de ácido málico con la siguiente ecuación.

$$\% \text{ At} = \frac{N \times V \times F \times 100}{V_m}$$

Dónde:

% At = Acidez total titulable expresada en porcentaje de ácido málico; N = Normalidad de la solución de NaOH; V = ml de NaOH gastado; V_m = Volumen de la muestra; F = Factor del ácido málico (0.067).

Análisis de datos

Los datos obtenidos en laboratorio se integraron en una hoja de cálculo Excel Versión 2010[®] y el análisis estadístico se realizó en el programa SAS v. 9.3 para Windows (Statistical Analysis System Inc., 2004), donde se realizó un ANOVA bajo el diseño completamente al azar, con el procedimiento **proc ANOVA** y la prueba de medias (Tukey ≤ 0.05).

2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las cinco huertas con el cultivar 'Mauritius' presentan diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en todas las variables evaluadas (Cuadro 14), de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) la huerta Lechuguillas es superior a las otras huertas en las variables longitud de fruto 35.18 (± 1.74 mm), diámetro de fruto 30.97 (± 1.20 mm), peso de fruto 21.24 (± 2.34 g) y peso de pulpa 16.80 (± 1.78 g), es pertinente mencionar que la huerta de Lechuguillas lleva un manejo orgánico en la producción de litchis. Para la variable peso de cáscara las huertas de Amatlán y El Plan de Manantial son iguales y superiores a las otras tres huertas; la huerta de Tuxpan presentó el menor peso de semilla 1.79 (± 1.15 g).

Cuadro 14. Características físicas del fruto de litchi de los cultivares 'Mauritius' y 'Brewster' en el estado de Veracruz 2010.

HUERTAS	Variables Evaluadas					
	L. F. mm	D. F. mm	P. Fruto g	P. Cáscara g	P. Pulpa g	P. Semilla g
'Mauritius' (Racimo Rojo)						
Tuxpan	33.72±1.44bc†	28.80±1.07c	17.63±1.92c	1.65±0.26c	14.19±1.86b	1.79±1.15b
Yecuatla	33.07±1.72c	28.44±1.56c	17.30±2.31c	2.06±0.63b	12.92±2.27c	2.32±1.41ab
Lechuguillas	35.18±1.74a	30.97±1.20a	21.24±2.34a	1.93±0.64bc	16.80±1.78a	2.50±0.78a
Amatlán	34.54±1.98ab	29.80±1.62b	19.50±3.15b	2.49±0.41a	14.32±2.23b	2.69±1.05a
El Plan de Manantial	34.04±2.13bc	28.26±1.70c	15.38±2.72d	2.46±0.41a	10.37±2.01d	2.54±0.52a
'Brewster' (Ralo Rojo)						
Tolome	36.38± 1.48	28.80±2.51	19.13±2.26	4.18±0.65	11.92±2.75	3.03±1.07
DMS	1.122	0.896	1.558	0.306	1.258	0.636

† Medias con letras iguales en la misma columna no son estadísticamente diferentes, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). L.F. = Longitud de fruto, D.F. = Diámetro de fruto, DMS: Diferencia Mínima Significativa

Para la huerta Tolome con el cultivar 'Brewster', no se considero en el análisis estadístico, solo se presentan los valores medios y la desviación estándar de cada variable, y este cultivar presentó mayores valores numéricos para longitud de fruto de 36.38 (± 1.48 mm), peso de cáscara 4.18 (± 0.65 g), firmeza de fruto de 44.36 (± 5.43 N·mm⁻¹) y peso de semilla 3.03 (± 1.07 g), en comparación a los valores medios del cultivar 'Mauritius' (Figura 9).



Figura 9. Semillas de los cultivares de litchi 'Brewster' y 'Mauritius'.

Los valores que se obtuvieron en los cultivares evaluados, no alcanzan las medidas y pesos reportados por (Galán y Menine 1987; Holcroft y Mitcham, 1996; Menzel, 2002) que señalan un tamaño de hasta 50 mm de longitud y 40 mm de diámetro, y peso de 22 a 26 g para el cultivar 'Mauritius' y 20 a 26 g para 'Brewster'. Sin embargo investigaciones recientes en México reportan peso medio de fruto en 'Brewster' de 23 (± 2 g) y medidas de 30 a 40 mm de diámetro (Aquino *et al.*, 2010).

Otros estudios realizados en África para el cultivar 'Mauritius' reportan un peso medio de fruto de 23.8 g (De Reuck *et al.*, 2009) y en Sudáfrica de 18 a 22 g (Cronje *et al.*, 2009). En cuanto al diámetro ecuatorial de los frutos, las seis huertas evaluadas alcanzan el calibre mínimo, para las Categorías I y II, que es de 20 mm de diámetro ecuatorial (FAO/WHO, 2011) que son requeridos para cumplir la norma de calidad del Código Alimentario Internacional.

En el Cuadro 15 se presentan algunos parámetros de calidad del fruto de litchi. Para las huertas con el cv 'Mauritius' hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$). La prueba de medias Tukey ($P \leq 0.05$) indica para la variable firmeza de fruto con media de 41.77 (± 5.04 Newton) de la huerta Yecuatla y 43.22 (± 6.05 Newton) de El Plan de Manantial tuvieron valores similares y son superiores a las otras tres huertas. Para acidez titulable, la huerta Tuxpan presentó la menor media de 0.03 (± 0.006 %), en contraste El Plan de Manantial tuvo la mayor con 0.09 (± 0.011 %); en los sólidos solubles totales con media de 20.48 (± 1.38 °Brix) la huerta Yecuatla fue superior a las demás.

Cuadro 15. Parámetros de calidad del fruto de litchi de los cultivares 'Mauritius' y 'Brewster' en el estado de Veracruz 2010.

HUERTA	Variables Evaluadas				
	F.F. Newtons	A.T. %	SST °Brix	C.A.M. °Hue	P.C. Chroma
'Mauritius' (Racimo Rojo)					
Tuxpan	37.60±5.66 b†	0.03±0.006 e	18.26±1.56 c	39.81±6.60 c	32.47±3.07 d
Yecuatla	41.77±5.04 a	0.08±0.012 c	20.48±1.38 a	40.03±8.72 c	35.62±1.66 ab
Lechuguillas	35.04±4.52 b	0.04±0.007 d	19.31±1.30 b	42.09±6.10 b	33.78±3.03 cd
Amatlán	34.87±3.09 b	0.09±0.014 b	19.46±0.91 b	46.45±4.62 a	37.03±1.86 a
El Plan de Manantial	43.22±6.05 a	0.09±0.011 a	19.99±1.15 ab	38.77±5.12 c	34.45±2.26 bc
'Brewster' (Ralo Rojo)					
6.Tolome	44.36±5.43	0.06±0.010	19.05±0.76	47.91±6.76	39.06±3.91
DMS	3.075	0.006	0.778	3.938	1.507

†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 (Newtons), **SST** = Sólidos Solubles Totales, **C.A.M.** = Color Angulo de Matiz, **P.C.** = Pureza del Color, **DMS**: Diferencia Mínima Significativa.

En color de fruto con un ángulo de matiz de 46.45 (± 4.62 °Hue) y pureza de color de 37.03 (± 1.86 Chroma), la huerta Amatlán fue superior a la demás. Al contrastar los valores numéricos entre cultivares, 'Brewster' presentó mayor firmeza de fruto con 44.36 (± 5.43 N) y pureza de color de 39.06 (± 3.91 Chroma).

Los valores de firmeza obtenidos en el cultivar 'Mauritius' son similares a los reportados por Sivakumar y Corsten (2006), con un intervalo de 45-48 Newton. Las medias de grados Brix variaron de 18.26 a 20.48 °Brix en frutos del cultivar 'Mauritius' y en 'Brewster' fue de 19.15 °Brix. Estos valores coinciden con los reportados por (Galán y Menini, 1987 y Carvalho y Salomão 2000), con valores medios de 11.8 a 20.6 °Brix y de 0.2 a 1.1 % de acidez titulable. Por otra parte valores similares fueron reportados para frutos de litchi de los cultivares 'Muzaffarpur', 'Heung Lai' y 'Brewster' (Neog y Saikia, 2001), sin embargo de acuerdo con Pesis *et al.* (2002) la composición química de los frutos de litchi en

un mismo cultivar, pueden presentar variabilidad por influencia de las condiciones climáticas. Por lo que Valle *et al.* (2008), sugieren que deben existir normas de calidad de frutos, específicas para cada región productora de litchi.

En la Figura 10 se muestran frutos de litchi de los cultivares 'Brewster' (Huerta Tolome) y 'Mauritius' (Huerta Amatlán), donde la tonalidad del color es diferente para cada uno de ellos. Para el color de ángulo de matiz ($^{\circ}$ Hue), los valores encontrados en la huerta Amatlán son cercanos a los reportados por Sivakumar y Corsten (2006), para el cultivar 'Mauritius' con un ángulo de matiz de 44.28° Hue y 39.70 de Chroma. Pero el cultivar 'Brewster' de la huerta Tolome, tuvo valores mayores en ángulo de matiz de $47.91 (\pm 6.76^{\circ}$ Hue) y pureza de color de $39.06 (\pm 3.91$ Chroma) ya que este cultivar 'Brewster' se caracteriza por presentar una tonalidad de color rojo brillante en el fruto, lo contrario de 'Mauritius' que se distingue por un color rosa-rojizo (Sivakumar y Korsten, 2006).



Figura 10. Frutos de litchi de los cultivares 'Brewster' y 'Mauritius' en huertas del estado de Veracruz.

Componentes del fruto

De los componentes del fruto de litchi, la pulpa (arilo blanco traslúcido que cubre la semilla) en el cv 'Mauritius' representa del 67.45 al 81.24 % del peso del fruto y en el cv 'Brewster' el 62.31 % (Figura 11). La huerta Tuxpan con el cv 'Mauritius' presentó menor porcentaje en cáscara de 9.0 % y semilla un valor de 9.7 %,

comparado con las otras huertas del mismo cultivar y la del cultivar 'Brewster'. Esta huerta está ubicada a mayor latitud norte del estado de Veracruz y por tanto las condiciones climáticas se acercan más a las áreas subtropicales, de donde es originario el litchi. Resultados similares fueron reportados por Holcroft y Mitcham (1996), en el cultivar 'Mauritius' donde el arilo representa un 70 - 75 %, cáscara 14 - 16 % y semilla de 11 - 14 %. De igual manera estudios de Martins *et al.* (2001), corroboran un 71 % de pulpa para el cultivar 'Brewster'.

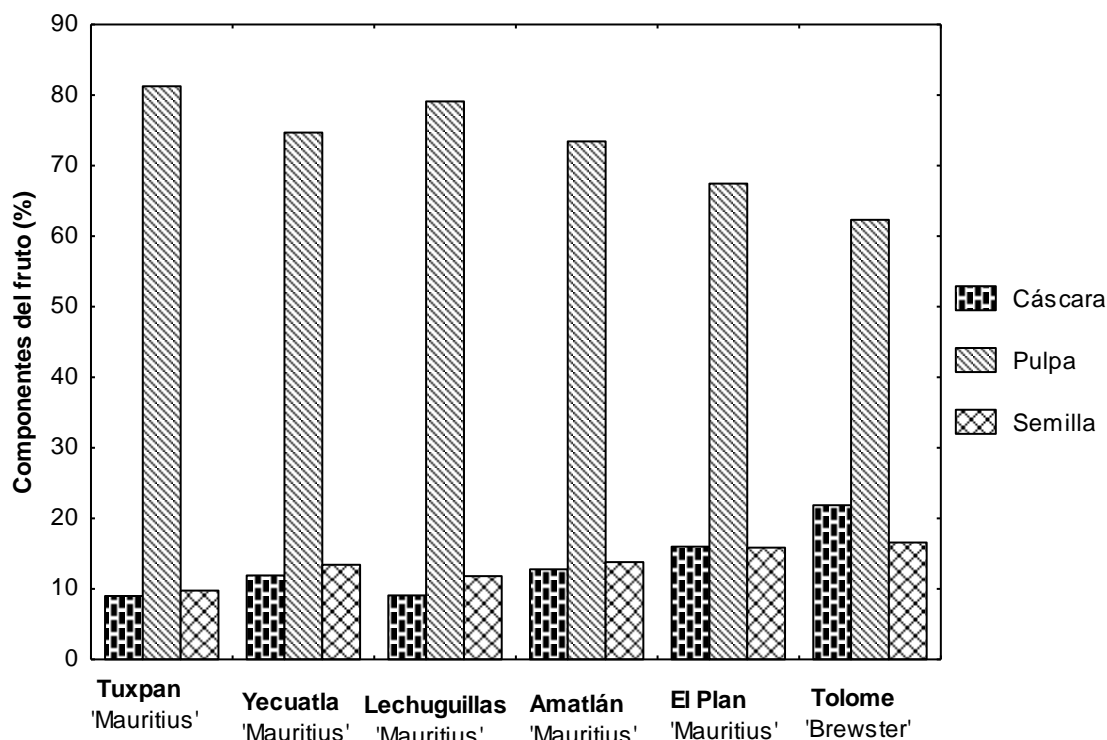


Figura 11. Componentes del fruto de litchi (%), de las seis huertas evaluadas en los cultivares 'Mauritius' y 'Brewster' en el estado de Veracruz.

De las seis huertas evaluadas la de mayor tamaño de fruto fue Lechuguillas (manejo orgánico) con el cultivar 'Mauritius', pero no así en porcentaje de pulpa. La huerta que obtuvo mayor porcentaje en pulpa fue Tuxpan con un 81.24 %. Por otro lado el peso de la semilla y cáscara con respecto al peso del fruto, es diferente entre los dos cultivares, se tiene mayor peso de semilla y cáscara en 'Brewster' que 'Mauritius'.

2.4. CONCLUSIONES

Para las características físicas de los frutos de litchi del cultivar 'Mauritius', la huerta Lechuguillas presentó los mayores valores. En las características químicas la huerta Tuxpan presentó los menores valores. Estos contrastes tienen relación con la ubicación geográfica de las huertas en el estado de Veracruz y el manejo de las mismas.

Entre cultivares, 'Brewster' fue superior en color de ángulo de matiz y pureza de color. Para los componentes del fruto, los valores fueron similares para las huertas con el cv 'Mauritius'. La comparación de valores medios entre cultivares, 'Brewster' fue superior en porcentaje de cáscara y semilla.

Para el diámetro ecuatorial de los frutos, las seis huertas evaluadas alcanzan el calibre mínimo, para las Categorías I y II, que es de 20 mm de diámetro ecuatorial requeridos para cumplir la norma de calidad del Código Alimentario Internacional.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada de Maestría. **No 231601.**

A la **LPI-2 Agroecosistemas Sustentables** del Colegio de Postgraduados por las facilidades otorgadas en la investigación.

2.5. LITERATURA CITADA

- AOAC, Association of Official Analytical Chemists. 2000. Official Methods of Analysis. 16th ed. S. Williams (ed). Published by the Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C. USA. CD-Rom.
- 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.
- Aular, S., C. R. y J. Durigan. 2002. Relación entre el color de la cáscara y las características del fruto y jugo de la parchita maracuyá. *Bioagro* 14(1): 47-51.
- Carvalho, C. M. e L. C. Ch. Salomão. 2000. Cultura da licheira. *Boletim de Extensão* 43. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. 39 p.
- Chen, W., Z. Wu, Z. Ji and M. Su. 2001. Postharvest research and handling of litchi in China. A review. *Acta Horticulturae* 558: 321–329.
- Cronje, R. B., P. G. Mostert, and N. J. R. Roets. 2006. Evaluating Maxim for the increase in fruit size and retention in litchi. *SA Litchi Growers' Association Yearbook* 18: 14–17.
- Cronje, R. B., D. Sivakumar, P. G. Mostert and L. Korsten. 2009. Effect of Different Preharvest Treatment Regimes on Fruit Quality of Litchi Cultivar 'Mauritius'. *Journal of Plant Nutrition* 32: 19-29.
- 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.
- De Reuck, K., D. Sivakumar and L. Korsten. 2009. Integrated application of 1-methylcyclopropene and modified atmosphere packaging to improve quality retention of litchi cultivars during storage. *Postharvest Biology Technology* 52: (1) 71–77.
- Evans, E., R. Degner., J. Crane., R. Rafie, and C. Balerdi. 2004. Is it still profitable to grow lychee in South Florida?. EDIS FE496, Dept. Food and Resource Economics Department. University of Florida Gainesville. <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/FE/FE49600.pdf>. Consulta en línea 8 de enero 2012.

- FAO/WHO, 2010. Codex Alimentarius: Codex Standard for litchi (Codex Stan 1996-1995, amended 2005). <http://www.codexalimentarius.net.pdf>. Consulta en línea 8 de enero 2012.
- Galán S.V. y U.G. Menini. 1987. El litchi y su cultivo. Estudio FAO, Producción y Protección Vegetal 83. Roma. 205 p.
- Hajare, S. N., S. Saxena, S. Kumar, S. Wadhawan, V. More, B. B. Mishra, P. M. Narayan, S. Gautamanda. Sharma. 2010. Quality profile of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) cultivars from India and effect of radiation processing. Radiation Physics and Chemistry 79: 994-1004.
- Holcroft, D. M. and E. J. Mitcham. 1996. Postharvest physiology and handling of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). Postharvest Biology Technology 9: 265–281.
- Jiang, Y. M., L. L. Song, H. Liu, O. Lichter, D. Kerdchoechuen and D. Joyce. 2006. Postharvest characteristics and handling of litchi fruit – an overview. Australian Journal Agricultural 46: 1541–1556.
- Jiang, Y., L. Yao, A. Lichter and J. Li. 2003. Postharvest biology and technology of fruit. Journal Food, Agriculture & Environment 1(2): 76-81.
- Kumar, D., D. Shankar M., B. Chakraborty and P. Kumar. 2011. Pericarp browning and quality management of litchi fruit by antioxidants and salicylic acid during ambient storage. Journal of Food Science and Technology 12(4): 89-96.
- López, A and P. Gómez. 2004. Comparison of color index for tomato ripening. Horticultura Brasileira 22: 534-537.
- Martins, A. B. G., D. C. Bastos E. J. Scaloppi. 2001. Lichieira (*Litchi chinensis* Sonn.). Jaboticabal-SP. Serie Frutas Potenciais-Sociedade Brasileira de Fruticultura. 48 p.
- Menzel, C. 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. pp. 14-27.
- McGuire, R. G. 1992. Reporting of objective color measurements. Horticulturae Science 27: 1254-1255.
- Mitra, S. K. and P. K. Pathak. 2010. Litchi production in the Asia-Pacific region. Acta Horticulturae 863: 29-36.

- Nacif, S. R., A. A. Sartori P. and L. C. Chamhum. 2001. Morphological and anatomical development of the litchi fruit (*Litchi chinensis* Sonn. cv. Brewster). *Fruits* 56: 225-233.
- Neog, M. and L. Saikia. 2001. Compositional changes in litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) during fruit development. *Journal Agricultural Science Society* 14: 208-212.
- Pesis, E., O. Diver, O. Feygenberg, A. R. Ben, M. Ackerman and A. Lichter. 2002. Production of acetaldehyde and ethanol during maturation and modified atmosphere storage of litchi fruit. *Postharvest Biology Technology* 26:157-165.
- Rinderman, R. S. y C. M. Gómez. 2001. El litchi. 2ª Edición. Editorial Mundí-Prensa. México. 144 p.
- SIAP. 2010. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. México (<http://www.siap.sagarpa.gob.mx>). Consulta en línea 25 de diciembre 2011.
- 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.
- Soto, E. M. 1986. Localidades y climas del estado de Veracruz. Editorial Herb. Instituto nacional de investigaciones sobre recursos bióticos. Xalapa, Veracruz, México. 137 p.
- Valle-Guadarrama, S., A. Alonso-Campos y I. Alia-Tecajal. 2008. Atmósferas con bajo O₂ y alto CO₂ para la conservación de frutos de litchi. *Revista Fitotécnica Mexicana* 31: 157-164.
- Wang, C. Y., H.J. Chen, P. Jin, and H.Y. Gao. 2010. Maintaining quality of Litchi fruit with acidified calcium sulfate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58: 858–866.
- Wyszecki, G. and W. S. Stiles. 1982. *Color Science Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae*. John Wiley & Sons, Inc. Canada. 235 p.
- 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 ultrastructure, antioxidant enzymes and phytohormones. *Scientia Horticulturae* 117: 288-292.

CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y CONCLUSIONES GENERALES

La hipótesis general indica que: La floración, fructificación y calidad de fruto del litchi, depende de la ubicación geográfica de las huertas, de los cultivares y el manejo del cultivo, en las regiones centro y norte del estado de Veracruz, México. De acuerdo a los resultados obtenidos la hipótesis general se acepta, por lo tanto se corrobora que la interacción genotipo-ambiente en huertas de litchi del estado de Veracruz, es diferente para cada una de ellas, por las características edafoclimáticas en las que se encuentran establecidas. Las condiciones de temperatura, elementos del suelo y prácticas de manejo son factores que determinan la respuesta del cultivo, respecto al porcentaje de floración y el rendimiento de fruto por hectárea.

Para la contrastación de las hipótesis específicas: El nivel de floración y fructificación en huertas de litchi de las regiones centro y norte del estado de Veracruz, depende de las temperaturas y características del suelo presentes en cada una de las huertas. Partiendo de la información obtenida en la investigación, se acepta esta hipótesis. Donde las condiciones de temperatura y características del suelo son factores que determinan la respuesta del cultivo, respecto al porcentaje de floración y fructificación. Las huertas ubicadas a mayor latitud norte Tuxpan y Yecuatla con el cultivar 'Mauritius' y con un clima extremo (e), presentaron mayor porcentaje de floración.

En la contrastación de hipótesis específica dos: Las características físicas y químicas del fruto litchi, depende del tipo de cultivar y la ubicación geográfica de las huertas en el estado de Veracruz. De acuerdo a los resultados se acepta esta hipótesis, porque hubo diferencias significativas entre huertas y cultivares para la calidad del fruto de litchi en las variables evaluadas.

Finalmente para la hipótesis específica tres: Las prácticas de manejo en las huertas de litchi, influyen en el nivel de floración y fructificación. Considerando los

resultados obtenidos se acepta esta hipótesis. En las seis huertas evaluadas el manejo del cultivo es diferente para cada huerta, lo que explica la variación en floración y fructificación en las seis huertas donde se llevo a cabo la investigación.

Por lo anterior es necesario continuar con las evaluaciones para entender la interacción genotipo-ambiente y poder llegar a sugerir las áreas más promisorias para el cultivo de litchi, considerando el tipo de cultivar para ciertas zonas del estado de Veracruz.

Recomendaciones

Se sugiere llevar a la práctica o generar un paquete tecnológico completo, como lo es capacitación e infraestructura para el manejo del cultivo en precosecha, cosecha y poscosecha, ya que regularmente la mayoría de productores desconocen el manejo del cultivo y principalmente el manejo poscosecha, donde el fruto de litchi es poco percedero y así permitirles a los productores de Veracruz ganancias rentables de su cultivo.

Para aumentar la floración y fructificación, se recomienda realizar prácticas culturales precosecha que favorezcan la floración, por ejemplo anillado en ramas y/o aplicación de hormonas.

Se recomienda realizar experimentos de interacción genotipo-ambiente con distintos cultivares en diferentes zonas agroecológicas del estado de Veracruz, para saber cuál es su comportamiento ante distintas condiciones edafoclimáticas que se pueden enfrentar los cultivares, con el fin de garantizar una producción aceptable para los productores de diferentes regiones del estado de Veracruz.

Anexos

ANEXO 1. Cuestionario que se aplicó a los seis productores de litchi en el estado de Veracruz.



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
CAMPUS VERACRUZ
MAESTRIA EN AGROECOSISTEMAS
TROPICALES

INTERACCIÓN GENOTIPO-AMBIENTE EN LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE LITCHI DE LAS REGIONES CENTRO Y NORTE DEL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO

El objetivo del presente instrumento, tiene el propósito de recabar información básica de las prácticas de manejo en el agroecosistema del cultivo de litchi. La información obtenida será confidencial y solo tiene fines académicos para la tesis de maestría del Biólogo Aristarco Aguas Atlahua. Al final de la investigación será entregado un reporte al productor sobre las condiciones y manejo de su cultivo. Se le agradece la información proporcionada y las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo de investigación.

I. ASPECTOS GENERALES

Nombre del productor: _____

1.2 Edad: _____ Sexo: (M) (F) Escolaridad: _____

1.3 Domicilio del Productor: _____

1.4 Número de integrantes de la familia: _____

II. CARACTERÍSTICAS DE LA FINCA

2.1 Ubicación de la Huerta: _____

Altitud (msnm) _____ Latitud Norte _____ Longitud Oeste _____

2.2 Superficie (ha): _____

2.3 Tipo de tenencia: Ejidal () Pequeña propiedad () Comunal ()

2.4 ¿En qué tipo de tierra tiene sembrado el litchi?

A) Negra B) Arenosa C) Tepetate D) Cascajillo E) Otra_____

2.5 ¿Qué pendiente tiene el terreno?

A) Alta B) Media C) Baja

2.6 ¿Qué profundidad tiene el suelo?

A) Profundo > a 1 m B) Poco profundo 50 cm C) Superficial 20 a 40 cm

2.7 ¿Qué fertilidad presenta el suelo?

A) Alta B) Media C) Baja

2.8 De la superficie que dispone usted, ¿Cómo la distribuye en función de disponibilidad de agua y topografía.

Tipo de terreno	Sup. total (ha)	Actividad Agrícola (ha)		Actividad Pecuaria (ha)	Actividad Forestal (ha)	Otras (ha)
		Anuales	Perennes			
Riego						
Temporal						
Riego/Temporal						

Observaciones: _____

Tipo de terreno	Sup. total (ha)	Actividad agrícola (ha)		Actividad Pecuaria (ha)	Actividad Forestal (ha)	Otras (ha)
		Anuales	Perennes			
Bajos						
Lomerío						
Otro						

Observaciones: _____

2.9 ¿Qué tipo de riego utiliza?

Rodado () Aspersión () Goteo () Otro _____

III. DATOS DEL CULTIVO

3.1 Características del cultivo

Variedad	Hectáreas	Edad	Distancia entre plantas	Total de plantas
Brewster				
Mauritius				
Kway may pink				
Groff				
Kway may red				
Otra				

3.2 ¿Sabe usted, de qué país es originario el litchi?

Si _____, No ____, En caso afirmativo, país _____

3.3 ¿El cultivo de Litchi está intercalado con otro?

Si _____, No ____, En caso afirmativo indique cuál _____

IV. MANEJO DE LA PLANTACIÓN

4.1 ¿Cuál es el manejo que le da usted a la huerta, en los espacios entre hileras de árboles?

A) Rastra B) Chapeadora C) Chapeo manual D) Otro _____

4.2 Control de malezas

Tipo de control	Equipo utilizado	Producto	Dosis	Frecue./año	No. de jornales	Costo del jornal	Costo por año

4.3 Podas

Tipo de poda	Equipo utilizado	Frecue./año	No. Jornales	Costo de Jornal	Costo/ha
De formación					
De Sanidad					
De producción					
De regeneración					

4.4 Fertilización

Tipo de Fertilizante	Equipo utilizado	Producto	Dosis	Frecue./año	No. jornales	Costo del jornal	Costo/año
Química al Suelo							
Química foliar							
Orgánica al suelo							
Orgánica foliar							

4.5 Riego

Tipo de Riego	Equipo utilizado	Frecue. /año	Gasto (lts)/ hr día	Periodo de aplicación	No. jornal	Costo jornal	Costo/año

4.6 Plagas y control

Tipo de plaga	Tipo control	Producto	Dosis	Equipo utilizado	Frec. de control	Costo de Jornal	Costo/año
Acaro							
Chinche Pentatómida							
Moscas de la fruta							
Escarabajos							
Barrenador de ramas							
Taladradores de fruto							
Gusano defoliador							
Murciélagos							

4.7 Control de Enfermedades

Tipo de plaga	Tipo control	Producto	Dosis	Equipo utilizado	Frec. de control	Costo Jornal	Costo/año
Antracnosis							
Pudrición del fruto							
Pudrición de Raíces							
Pudrición Postcosecha							
Otras							

V. Fenología del cultivo

5.1 ¿A qué edad empezaron a producir los árboles?

- A) 3 Años B) 4 Años C) 5 Años D) 6 Años
 E) otro _____

5.2 ¿Brotación vegetativa (renuevos) principal y secundarias, en que época se presentan? _____

5.3 ¿Cuándo inició y terminó la floración en el 2010? _____

5.4 ¿Realiza alguna práctica para adelantar o aumentar la floración?

Si _____, No _____, En caso afirmativo, ¿Cuál? _____

5.5 ¿Cómo considera usted el tipo de suelo de su huerta, para el cultivo?

- A) Muy bueno B) Bueno C) Regular D) Malo E) Muy malo

5.6 ¿Cree usted que el tipo de suelo contribuye en la floración y/o producción del cultivo? Si_____, No____, En caso afirmativo

¿Porqué? _____

5.7 ¿Los árboles producen todos los años o en unos si y en otros no?

Si_____, No____, ¿A qué cree usted que se deba esto?

5.8 ¿Cómo se presenta la alternancia de producción en su huerta?

A) Alta

B) Media

C) Baja

VI. Factores y elementos del clima sobre el cultivo

6.1 ¿Cree usted que el litchi requiere cierto tipo de clima?

Si_____, No____, En caso afirmativo,

Cuál? _____

6.2 ¿Qué factores climáticos favorecen la floración y/o producción del cultivo?

A) Ubicación (Latitud)

B) Altura (Altitud)

¿Porqué? _____

6.3 ¿Qué elementos climáticos favorecen la floración y/o producción del cultivo?

A) Temperaturas

B) Humedad del ambiente

C) Lluvia (Pp)

D) Luz

E) Otros _____

VII. Indicadores de cosecha

7.1 ¿Cuál es el principal criterio que usa para iniciar la cosecha?

- A) Color B) Textura de cáscara C) Tamaño D) Azúcares
E) otros ¿Cuál?_____

7.2 ¿Generalmente cuando inicia la cosecha en su huerta?

- A) Abril B) Mayo C) Junio D) Julio
E) Otro ¿Qué mes?_____

7.3 ¿Cuándo inició y finalizó la cosecha en el 2010?

- Inició_____
- Finalizó_____

7.4 ¿Cómo cosecha los frutos?

- A) Racimo con rama B) Racimo solo C) Por fruto

7.5 ¿Cuántos cortes realiza por semana y por temporada?_____

7.6 ¿Cuántos kilogramos en promedio corta por árbol?_____

7.7 ¿Cuál es el rendimiento por hectárea?_____

7.8 ¿Cómo considera usted el rendimiento del cultivo de litchi?

- A) Muy Alto B) Alto C) Medio D) Bajo E) Muy bajo

7.9 ¿Cuál cree usted que es el problema principal, por el cual los rendimientos obtenidos en la cosecha de su huerta se ven afectados?

- A) Plagas B) Enfermedades C) Falta de agua D) Falta de nutrientes
E) Clima F) Otros_____

7.10 ¿Qué porcentaje de la producción perdió por causa de daños al fruto?_____

7.11 ¿Cuál es el costo total de producción por hectárea por año?_____

VIII. Manejo Postcosecha

8.1 ¿Qué recipiente utiliza para la cosecha de los frutos en el árbol?

- A) Cajas B) Bolsas C) Cubos D) Rejas
E) otros_____

8.2 ¿Qué recipiente utiliza para el transporte de los frutos cosechados, Huerta-Almacén?

- A) Cajas B) Bolsas C) Cubos D) Rejas
E) otros_____

8.3 ¿Cuál es el medio de transporte que utiliza para llevar el fruto desde la huerta hasta el área de proceso?

- A) Tractor B) Camión C) Caballo D) Burro
E) Carretilla F) Otro_____

8.4 ¿Qué criterio toma de base para la selección del fruto?

- A) Tamaño B) Color C) Otro_____

8.5 ¿Cómo realiza la separación del fruto?

- A) Manualmente B) Con maquinaria C) Otro_____

8.6 ¿Qué presentación utiliza para el empacado de la fruta?

- A) Cajas de cartón B) Cajas de plástico C) Bolsas de plástico
D) Otro_____

8.7 ¿Utiliza cámara de frío para almacenar la fruta?

Si_____, No_____.

8.8 ¿A qué temperatura almacena la fruta?_____

IX. Comercialización

9.1 ¿Cómo comercializa su cosecha?

- A) En la huerta B) Usted corta y vende al mejor postor
C) Otro_____

9.2 ¿Qué presentación utiliza para la venta?

- A) Cajas de cartón B) Bolsas de plástico C) A granel D) En racimo
C) Otros_____

9.3 ¿Cuál es el peso unitario de la principal presentación de venta?

- A) ½ kg B) 1 kg C) 2 kg D) 4 kg
E) 10 kg F) 20 kg G) Otro_____

9.4 ¿En dónde vende el fruto?

- A) En la huerta B) En empacadora C) A orilla de carretera
D) Otro_____

9.5 ¿Cuál es su principal cliente?

- A) Intermediario B) Minoristas C) Empacador D) Mercado
E) Supermercado F) Consumidor final G) Central de abasto

9.6 ¿Cuál es el destino de su producto?

- A) Mercado local B) Mercado regional C) Mercado estatal
D) Exportación E) Mercado Nacional

9.7 ¿Cuál es el precio promedio, por kilogramo de fruto?

- A) Mercado_____ B) Finca_____

9.8 ¿Cómo considera usted el precio del cultivo de litchi?

- A) Muy Alto B) Alto C) Medio D) Bajo E) Muy bajo

9.9 ¿Tiene usted alguna otra actividad productiva?

Si _____,

No _____ ¿Cuál? _____

X. Asesorías

10.1 ¿Recibe alguna asesoría?

Si _____, No _____.

10.2 ¿Qué tipo de asesoría recibe?

A) Manejo del cultivo B) Manejo del fruto C) Manejo Poscosecha

D) Comercialización E) Otra _____

10.3 ¿Quién le brinda la asesoría?

A) Institución pública B) Institución privada C) Otro _____

10.4 ¿Además de la agricultura que otra ocupación desempeña Ud.?

A) Obrero B) Profesionista C) Albañil D) Jornalero

E) Comercio F) Otro _____

ANEXO 2. Imágenes de los cultivares de litchi 'Mauritius' y 'Brewster' en huertas de las regiones centro y norte del estado de Veracruz en los años 2009 y 2010.



Anexo 2.1. Árboles de litchi cv 'Mauritius' en la huerta Tuxpan, Ver.



Anexo 2.2. Árboles de litchi cv 'Mauritius' en la huerta Yecuatla, Ver.



Anexo 2.3. Árboles de litchi cv 'Mauritius' en la huerta Lechuguillas, Vega de a la Torre, Ver.



Anexo 2.4. Árboles de litchi cv 'Mauritius' en la huerta Amatlán de los Reyes, Ver.



Anexo 2.5. Árboles de litchi cv 'Mauritius' en la huerta El Plan de Manantial, Paso de Ovejas, Ver.



Anexo 2.6. Árboles de litchi cv 'Brewster' en Tolome, Paso de ovejas, Ver.