



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

FRUTICULTURA

**INICIACIÓN FLORAL, FLORACIÓN Y CAÍDA DE FRUTOS DE DOS CULTIVARES
DE LITCHI (*Litchi chinensis* Sonn.) EN EL ESTADO DE PUEBLA**

PAOLA ELENA MORELOS SUET

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2008

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo para el financiamiento de mis estudios.

Al Colegio de Postgraduados, en particular al programa de fruticultura, por ser parte de mi formación profesional.

Al Dr. Ángel Villegas Monter, por la certera dirección de este trabajo y por todo su apoyo desde mi ingreso al Colegio de Postgraduados.

Al Dr. Eduardo García Villanueva, por la excelente dirección en la parte anatómica, por su paciencia y comprensión.

Al Dr. Alejandro F. Barrientos Priego, por sus valiosas observaciones en la revisión, que contribuyeron a la mejora del trabajo.

Al rancho “Agua Zarca”, por las facilidades prestadas para la realización de este estudio.

DEDICATORIA

A mi hijo Gustavito, mi más grande regalo, quien me acompañó en este recorrido aún antes de haber nacido.

A mi esposo, por tu apoyo y amor.

A mi madre, sabes lo importante que eres para mí. Esto también es tuyo.

A mi padre; no olvido los viajes semanales, ni las canciones, que también los litchis han de recordar. Gracias, Te quiero...

A David, Sole y Maite...

A chimos, mi luz....

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
3. HIPÓTESIS	3
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
4.1 Origen y distribución	4
4.3 Principales cultivares	4
4.4 Fenología	5
4.5 Características de la inflorescencia	5
4.6 Inducción, iniciación y diferenciación floral.	8
4.7 Floración	14
4.8 Características del fruto	15
4.9 Caída de frutos (factores que intervienen).....	17
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
5.1 Ubicación	24
5.2 Material Vegetal	24
5.3 Diseño experimental	25
5.4 Variables evaluadas.....	26
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
6.1 Iniciación floral	30
6.2 Cuantificación de flores masculinas, femeninas y totales.....	35
6.3 Antesis	39
6.4 Caída de frutos.....	44
6.5 Características del fruto	48
7. CONCLUSIONES	51
8. GLOSARIO	52
9. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.....	53
10. ANEXOS	58

LISTA DE FIGURAS

Figura

1. Tipos de flores que presentan las plantas de litchi a) flor tipo I b) flor tipo III y c) flor tipo II (Moncur, 1988). 7
2. Meristemo vegetativo de litchi cv. Brewster, 1 de noviembre de 2007 30
3. Meristemo iniciado de litchi cv Mauritius, 1 diciembre de 2007 33
4. Esquema representativo de las inflorescencias de litchi observadas en Mecapalapa, Puebla, 2008. a) inflorescencia típica con un eje principal bien definido b) inflorescencia con ramificaciones basales muy desarrolladas..... 36
5. Ubicación de los tres tipos de flores en la inflorescencia de litchi, en Mecapalapa, Puebla. [M= tipo I y III, F= tipo II] 37
6. Periodo de antesis de los distintos tipos de flores en los cvs Brewster y Mauritius. Mecapalapa, Puebla. 2008. 41
7. Temperatura y humedad relativa medias en el periodo de floración, de enero a marzo del 2008 en Mecapalapa, Puebla..... 42
8. Dinámica de caída de frutos cv. Mauritius, Mecapalapa, Puebla. 2008. 44
9. Dinámica de caída de frutos, cv. Brewster, Mecapalapa, Puebla. 2008 45
10. Porcentaje de pulpa, cáscara y semilla en frutos de los cvs. Brewster y Mauritius, así como , el porcentaje de semillas rudimentarias en ambos cvs. Mecapalapa, Puebla. 2008. 49

LISTA DE CUADROS

Cuadro

1. Fertilización para litchi de acuerdo a la edad del árbol, en Huichihuayan, SLP. 13
2. Tratamientos utilizados para el estudio de la iniciación floral, en litchi, en Mecapalapa, Puebla. 25
3. Estado del meristemo apical de yemas apicales provenientes de árboles de los cultivares Brewster y Mauritius en Mecapalapa, Puebla, en Noviembre 30 de 2007... 32
4. Temperaturas mínimas, media y máxima, semanal en Mecapalapa, Puebla, del 17 de octubre al 30 de noviembre de 2007..... 34
5. Número de flores tipo I, II y III en los cvs. Brewster y Mauritius. Enero a Marzo 2008. Mecapalapa, Puebla. 38
6. Temperaturas promedio semanales mínimas, medias y máximas, del 1 de enero al 29 de marzo de 2008. Mecapalapa, Puebla. 39
7. Temperaturas promedio semanales mínimas, medias, máximas y número de horas con temperaturas mayores a 22° C del 1 de enero al 31 de marzo de 2008. Mecapalapa, Puebla. 44
8. Número de frutos iniciales, finales y porcentaje de amarre en los cvs Brewster y Mauritius. Mecapalapa, Puebla. 2008..... 46
9. Comparación de medias de pesos correspondientes al peso de pulpa, cáscara, semilla y total en frutos de litchi cvs. Brewster y Mauritius. Mecapalapa, Puebla. 2008.48

RESUMEN

La producción de litchi enfrenta problemas de estacionalidad, alternancia y baja producción. Existen alternativas para enfrentar estos problemas como el anillado, poda y la aplicación de productos químicos, pero para aplicarlas es necesario conocer los procesos fisiológico relacionados con la fenología, iniciación floral, floración y caída de frutos. Este trabajo fue realizado en Mecapalapa, Puebla y tuvo como objetivos: identificar anatómicamente el momento en que ocurre la iniciación floral en litchi cvs. Brewster y Mauritius, en plantas con y sin anillado, conocer el tiempo que tarda el periodo de floración en dos cultivares, evaluar los periodos de antesis de cada tipo de flor y su relación con la polinización, estudiar los periodos de caída de frutos y determinar porcentaje de amarre en cada cultivar. Se trabajó con 10 árboles de 14 años de los cvs. Brewster y Mauritius y se monitorearon 2 inflorescencias por árbol para estudiar iniciación floral, antesis y cuantificación de flores y 2 infrutescencias por árbol para caída de frutos. La iniciación floral de ambos cultivares ocurrió entre el 1º 30 de Noviembre y se presenta primero en "Mauritius". El anillado no influye en la iniciación floral. El periodo de floración del cv. Mauritius es de 6 semanas, mientras que en Brewster es de 4 semanas. La antesis de flores femeninas (tipo II) en Mauritius ocurre del 15 al 28 de febrero y el cv. Brewster de 1º al 15 de marzo. El periodo de traslape de Brewster es de 2 días (tipo I y II) y 7 días (tipo II y III) y de Mauritius 4 días (sólo tipo II y III). Para mejorar la polinización es preferible intercalar dos cultivares. La mayor caída de frutos en Mauritius ocurre el 7 de marzo y en Brewster el 21 y 29 del mismo mes.

Palabras clave: caída de frutos, floración, iniciación floral, litchi.

ABSTRACT

Litchi production has problems of seasonality, alternal bearing, and low yield. There are alternatives to face these problems, like girdling, cropping, and the application of chemical products, but to put these into use, we have to know the physiological processes related with the phenology, floral initiation, flowering, and fruit abscission. This work was done in Mecapalapa, Pue. and its objectives were: to anatomically identify the moment that floral initiation occurs in litchi, cvs. Brewster and Mauritius, in plants with and without girdling, to know the flowering period of both cultivars, to evaluate the anthesis periods of each type of flower and their relation with pollination, to study the fruit abscission period, and to determine the fruit set percentage in each cultivar. The work was done with ten fourteen-year old trees, cvs. Brewster and Mauritius, and two inflorescences per tree were monitored to study floral initiation, anthesis, and flower count, also monitored were the moments of fruit abscission. Floral initiation in both cultivars was between November 1st and 30th and it was first in Mauritius. Girdling had no influence on floral initiation. The flowering period of Mauritius was 6 weeks and of Brewster 4 weeks. The anthesis of female flowers (type II) in Mauritius occurs from February 15th to 28th and in Brewster from March 1st to 15th. The overlap period of Brewster is 2 days (types I and II) and 7 days (types II and III), and of Mauritius 4 days (only types II and III). To improve pollination, it is recommended to intercalate two cultivars. The highest fruit abscission period in Mauritius occurs on March 7th, and in Brewster on March 21st and 29th.

Key words: fruit abscission, flowering, floral initiation, litchi.

1. INTRODUCCIÓN

El litchi es considerado por algunos autores como la fruta mas fina del mundo y aún cuando se concibe dentro del grupo de las frutas exóticas, está siendo demandado por mercados importantes como Estados Unidos, Europa y Asia. En México se comenzó a comercializar en los años 90's y los principales estados productores son Sinaloa, San Luís Potosí, Nayarit, Puebla, Veracruz, Oaxaca e Hidalgo (sicon-sagarpa, 2006).

En los últimos años el litchi se presentó como una alternativa de producción para algunos fruticultores, lo que ocasionó que se incrementara la superficie cultivada básicamente con el cultivar Mauritius, aun cuando existen casos aislados en donde se produce Brewster. Cabe indicar que en muchos casos los productores desconocen el cultivar con el que están trabajando.

México como otros países productores de litchi enfrenta problemas de estacionalidad, alternancia y baja producción, debidos la escasa floración, errática polinización y la caída de frutos. En la producción alternante el factor climático está estrechamente asociado con problemas de floración. García y Martins (2006) mencionan que el litchi requiere un periodo de temperaturas frescas previo a la floración y que existen evidencias de que las temperaturas nocturnas menores a 15°C favorecen la inducción floral. De acuerdo a la información publicada por Gazit y Stern (2003), la mayoría de las huertas en producción de litchi están en zonas donde la temperatura mínima está entre los 15 y 20 ° C. Por su parte Menzel (2001) agrega que la floración es más consistente en áreas donde la temperatura del día en invierno está por debajo de los 20 °C por algunas semanas.

La temperatura no sólo influye en la inducción floral, además, tiene efecto en el éxito de la polinización, ya que puede afectar la actividad de los polinizadores y las estructuras reproductivas del litchi.

En frutales que producen gran cantidad de flores como el litchi, de la misma magnitud es la caída de estas y de los frutos, lo que al final se refleja en baja producción por lo que el éxito de la huerta depende de la interacción de factores fisiológicos, genéticos, ambientales y de manejo.

Existen alternativas para enfrentar estos problemas que han sido aplicadas a otros frutales e incluso están siendo utilizadas en litchi, como el anillado, poda y la aplicación de productos químicos, entre otros, pero para llegar a concluir en relación al efecto de éstas prácticas de manejo, antes hay que entender como influyen los factores como la temperatura y humedad en los procesos fisiológico relacionados con la fenología, iniciación floral, floración y caída de frutos que finalmente repercuten en la producción.

2. OBJETIVOS

- Identificar anatómicamente el momento en que ocurre la iniciación floral en litchi cvs Brewster y Mauritius, en plantas con y sin anillado.
- Conocer el tiempo que tarda el periodo de floración en dos cultivares de litchi, así como el de cada tipo de flor.
- Evaluar los periodos de antesis de cada tipo de flor y su relación con la polinización.
- Estudiar los periodos de caída de frutos y evaluar el porcentaje de amarre en los cvs. Brewster y Mauritius.
- Determinar si en Mecapalapa, Puebla Las condiciones climáticas son favorables para el desarrollo del litchi.

3. HIPÓTESIS

- El momento en que ocurre la iniciación floral es diferente de acuerdo al cultivar.
- En litchi la iniciación floral ocurre en Noviembre y no requiere de temperaturas bajas para que se presente.
- Los periodos de antesis de cada tipo de flor no están relacionados con el amarre de frutos.
- El cv. Mauritius tiene características que lo hacen mejor que el Cv. Brewster para la producción.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Origen y distribución

El Litchi (*Litchi chinensis* sonn) es el más popular de la familia de las Sapindaceas, que incluye también a logan y rambutan. Es originario del Sur de China y Norte de Vietnam, pero actualmentes, además de estos países se produce en Tailandia, India, Sudáfrica, Madagascar, Indonesia, Australia, Estados Unidos, México, España, Brasil e Israel. Permaneció confinado a la región del Sur de China hasta periodos recientes, probablemente porque la semilla pierde rápidamente la viabilidad. A finales del siglo diecisiete se introdujo en la India y en 1870 al Sur de África. Fue introducido a Hawaii por un viajero Chino en 1873 y de la India a Florida en 1870. Fue a partir de ahí de donde se empezó a diseminar el resto del continente Americano (Gazit y Stern, 2003). Existen alrededor de 100 cultivares en China, pero se estima que alrededor de 15 son las explotadas comercialmente en diversos países (Menzel, 2001).

4.2 Requerimientos climáticos

El litchi es cultivado comercialmente de los 17° a los 32° de latitud, y es encontrado a baja elevación en los subtrópicos y de 300 a 600 m de altitud en los trópicos, con inviernos frescos o fríos y veranos cálidos. Requiere de temperaturas menores a 20 °C para florecer (Menzel, 2001 y Gazit y Stern, 2003) y la proporción de flores masculinas y femeninas cambia si la temperatura es mayor a 32 °C (Menzel, 2001). La polinización es óptima a temperatura entre 19 y 22 °C (Gazit y Stern, 2003). La lluvia generalmente es abundante en verano y menor en invierno y primavera (Menzel, 2001). Se recomienda establecer en zonas donde en condiciones de temporal se tengan precipitaciones mayores a 1500 mm anuales (www.inifap.slp.gob.mx).

4.3 Principales cultivares

Existen más de 100 cultivares de litchi en el mundo, cada uno caracterizado por sus requerimientos climáticos, maduración y grado de alternancia principalmente; a México han sido introducidas solamente dos de ellos: “Brewster” y “Mauritius”, tiene mayor

presencia el segundo. Cabe mencionar que los productores no tienen identificados los cultivares con los cuales trabajan (Menzel, 2002).

4.4 Fenología

En cuanto a la fenología, el litchi produce flujos vegetativos, flores y frutos en las partes terminales de las ramas. El crecimiento vegetativo ocurre como una serie de flujos alternando con periodos de descanso. Generalmente se da un flujo después de la cosecha seguido de otro en invierno. El primero es vegetativo y el último reproductivo. El desarrollo de la panícula y las flores continua ininterrumpidamente y conduce a la antesis o apertura floral la cual ocurre en un periodo de seis a doce semanas después de la emergencia de la ésta (Menzel, 2001). Después de que la fruta ha sido cosechada y en condiciones ambientales favorables, uno o más de los brotes que se encuentran debajo de la zona en donde se produjo la inflorescencia anterior, producirá un flujo de crecimiento para dar origen a una rama, en la cual una nueva inflorescencia será formada la siguiente estación. En este momento los nuevo brotes serán aún jóvenes para que puedan florecer, por lo que se recomienda podar los árboles después de la cosecha con la finalidad de que los brotes alcancen la madurez necesaria para que se dé la inducción floral en menor tiempo (Robbertse *et al.*, 1995).

4.5 Características de la inflorescencia

La inflorescencia es una cima compuesta que consiste en un eje principal terminado por una flor en la parte apical. Presenta una o dos ramificaciones laterales de primer y segundo orden desarrolladas de las yemas axilares de diminutas brácteas del eje principal y del eje secundario respectivamente. Procediendo desde la base, a lo largo del eje principal hasta el ápice. Dichas ramificaciones de primer orden van reduciéndose gradualmente de tamaño (longitud) hasta que queda el último dicasio apical. Los brotes axilares que dan soporte a estas bifurcaciones laterales se encuentran en series de dos con el brote dominante superpuesto a este, el cual se considera un brote subordinado (Robbertse *et al.*, 1995).

La emergencia de la inflorescencia es similar en apariencia a un flujo vegetativo. Sólo cuando el primordio de los brotes axilares de las hoja pequeñas aparecen es posible identificar la inflorescencia en desarrollo (Gazit y Stern, 2003).

La flor de litchi es pequeña, de 3 a 8 mm de diámetro y 7 a 12 mm de longitud y tiene un pedicelo de 6 mm de largo (Figura 1). Todas las flores poseen cáliz con 4-5 sépalos cortos y dentados, careciendo de pétalos (Galán, 1990). Los estambres y el pistilo están rodeados por el nectario localizado entre el cáliz y el androceo (Gazit y Stern, 2003). El estambre tiene una antera con dos tecas, las cuales son dehiscentes longitudinalmente (Gazit y Stern, 2003). El ovario es supero, bicarpelar, con paredes completas y un espacio central reducido. Un largo septo divide el ovario en dos lóculos y cada uno contiene un óvulo anátropo bitegumentado y un obturador cerca del micrópilo (Stela *et al.*, 2001).

Las flores se forman en la inflorescencia con crecimiento parcial o dicasio (Robbertse *et al.*, 1995). Son de color amarillento y funcionalmente pueden ser masculinas o femeninas.

Existen dentro de la misma inflorescencia tres tipos de flores: hermafrodita con ovario abortivo (funcionalmente masculinas), hermafroditas con estambres pequeños e infértiles (funcionalmente femenina) y masculinas (Scholefield *et al.*, 1982).

Las flores masculinas, también llamadas tipo I, tienen pistilo abortivo el cual aparece como una protuberancia pubescente. El ovario es rudimentario y contiene dos óvulos malformados sin saco embrionario. El pistilo está rodeado por 6-8 estambres, con filamentos pubescentes de alrededor de 6 mm de longitud. El disco de néctar es pequeño.

La flor femenina tiene el pistilo totalmente desarrollado, el cual es mas largo que el de la flor tipo II. El pistilo esta compuesto por un ovario supero, el cual tiene dos óvulos anátropos, estilo corto y estigma bifurcado. La superficie del ovario es pubescente con protuberancias que persisten y dan a la fruta esa apariencia rugosa en la superficie. Generalmente uno de los óvulos del ovario termina en fruto, ya que el otro aborta, pero ocasionalmente los dos se desarrollan y producen dos frutos, cada uno con su semilla. El pistilo esta rodeado de 6-8 estambres con filamentos cortos (menores a 1.5 mm de longitud). La anteras contienen un poco de polen viable que es indehiscente, por lo que

esta flor es solo funcionalmente femenina. El disco de néctar es grande, mas que el de las flores tipo III (Gazit y Stern, 2003).

Las flores funcionalmente masculinas (hermafroditas), tipo III tienen pistilo prominente con estilo que termina en estigma bilobulado. Al momento en que ocurre la antesis, cerca del 20% de los óvulos contienen el saco embrionario maduro. Su ovario con 2 lóculos posee un óvulo en cada lóculo. De cualquier forma, el pistilo no es funcional, ya que los lóbulos del estigma no abren para la polinización, aún cuando está rodeado por 6-8 estambres, los cuales son similares en apariencia y función a los estambres de las flores tipo I. El disco de néctar es de tamaño mediano, más largo que en el caso de las tipo I (Galan, 1990, Gazit y Stern, 2003).

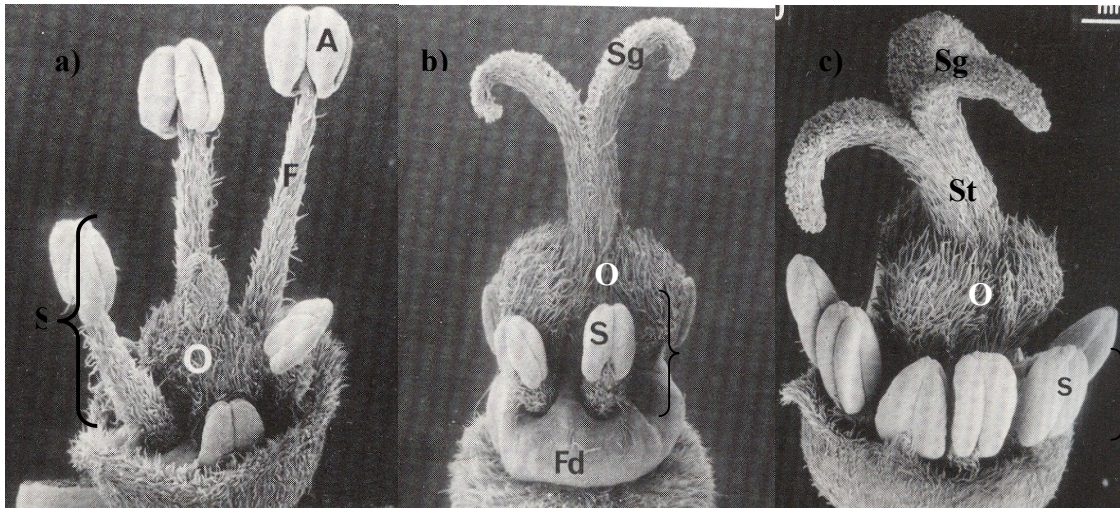


Figura 1. Tipos de flores que presentan las plantas de litchi a) flor tipo I b) flor tipo III y c) flor tipo II (Moncur, 1988).

A=antera F=filamento Fd=nectario S=estambre
Sg=estigma O=ovario St=estilo

La ubicación de los tipos de flores puede variar en la inflorescencia, aunque se han presentado esquemas para ilustrarla. La inflorescencia puede ser diferente dependiendo del cultivar o de la edad de los árboles que se estudien (Robbertse *et al.*, 1995).

4.6 Inducción, iniciación y diferenciación floral

El desarrollo de la parte aérea de una planta es consecuencia de los procesos de crecimiento y diferenciación que se llevan a cabo en su meristemo apical. Este meristemo puede seguir dos formas de desarrollo básicos; uno orientado a la formación de estructuras vegetativas (hojas, tallos) y el otro reproductivo en el que se producen flores. La transición entre ambos procesos se denomina transición floral. Dicha transición es el resultado de la interacción entre los mecanismos que determinan el estado de madurez de la planta y de los del meristemo apical. Ambos responden a las condiciones ambientales. (Azcon-Bieto y Talon, 1993).

El primer paso de la transición floral es la inducción y Díaz (2002), la define como el conjunto de cambios en las células del meristemo vegetativo, que permiten la formación de órganos florales en lugar de hojas (nomófilos) y es ocasionado por un estímulo externo (ambiental).

En función del grado de dependencia ambiental las especies se dividen en los siguientes grupos: a) plantas con requerimientos ambientales absolutos, en donde la transición no se lleva a cabo si no se dan las condiciones ambientales determinadas. b) plantas con requerimientos cuantitativos, en las que distintas condiciones ambientales aceleran o retrasan la transición, aunque ésta puede producirse incluso en condiciones desfavorables. c) especies autónomas, en las que la transición floral ocurre independientemente de las condiciones ambientales (Azcon-Bieto y Talon, 1993).

Los factores ambientales determinantes de la transición floral en especies sensibles son, en la mayor parte de los casos, el fotoperiodo y la temperatura y de ahí se originó la teoría del florígeno; en la cual se considera que al recibir la planta el estímulo ambiental se produce una hormona hipotética que provocaría la transición floral. Pero además se han propuesto otras teorías como la nutricional y la multifactorial, que integra los factores hormonales, nutricionales y genéticos (Azcon-Bieto y Talon, 1993).

Después de la inducción floral del meristemo y de los primeros cambios químicos y citológicos, seguirán los procesos de iniciación y diferenciación floral que comprenden los cambios histológicos en la estructura del meristemo apical para formar las distintas partes de la flor (Díaz, 2002).

La iniciación floral comprende los primeros cambios estructurales y funcionales en el meristemo apical vegetativo, que dan lugar a la restructuración de las túnicas y del cuerpo (Sivori, 1980).

Después de que las yemas hayan recibido la señal inductiva, el primer cambio fisiológico detectable en ella es un aumento en la síntesis de ADN y ARN e inmediatamente después comienzan a detectarse los cambios histológicos.

El signo más evidente de la diferenciación es el aplanamiento del domo del meristemo apical, como consecuencia de una mayor actividad mitótica hacia su periferia (Agusti, 2004). Después de dicho aplanamiento se comienza a formar el primer verticilo de antófilos (sépalos del cáliz), o bien, el (los) primer (os) hipsófilos o brácteas e la inflorescencia.

En el caso de los frutales del género *Prunus*, como el durazno, hacia la base del domo reproductivo se forma una bráctea (o hipsofilo) de cuya axila aparece el primordio floral que se desarrolla como una esfera ovoide para después formar las partes florales en una secuencia progresiva donde primero aparecen los sépalos, luego los pétalos, después los estambres y finalmente el pistilo (gineceo) (Díaz, 2002).

En el caso del litchi, podemos ejemplificar el proceso de formación de la inflorescencia con el caso del aguacate, ya que se trata de una inflorescencia y las estructuras florales son parecidas.

La iniciación de la inflorescencia se caracteriza por la elongación de lo meristemo proveniente de las yemas axilares de las escamas o bracteas, que dan origen a los ejes secundarios de la inflorescencia. Durante la elongación de los ejes secundarios, se lleva a cabo el desarrollo de primordios meristemáticos laterales, a partir de los cuales se forman los ejes terciarios, en donde se forman las flores en la siguiente secuencia; primeramente los sépalos y pétalos, enseguida los estambres, carpelo y óvulo (Osuna, 1982). En mango la formación de la inflorescencia es parecida, el eje principal de la inflorescencia se alarga y ramifica a partir de las yemas axilares para formar los ejes secundarios. En estos se forman protuberancias meristemáticas que dan origen a los ejes terciarios, en los cuales tienen su origen los grupos de flores. Los brotes laterales secundarios y terciarios, así como las flores se forman de las yemas axilares de los hipsófilos (Osuna, 2000)

4.6.1 Factores que afectan la inducción, iniciación y diferenciación floral

Existen diferentes factores ambientales y de manejo, así como su interacción, que influyen en la iniciación y diferenciación floral del litchi. El momento en que ocurre la floración así como su intensidad y duración son aspectos importantes que se deben tomar en cuenta para mejorar la productividad.

Temperatura

Existe variación entre los cultivares de litchi en cuanto a sus requerimientos de frío, para que se presente la iniciación floral y todos los estudios en este tema se han realizado con cultivares subtropicales, los cuales necesitan inviernos fríos para ser iniciados y aún dentro de ellos los requerimientos son diferentes (Gazit y Stern, 2003). La mayoría de las huertas en producción de litchi están en zonas donde la temperatura mínima está entre los 15 y 20 ° C. En distintos trabajos se ha encontrado que la floración es más consistente en áreas donde la temperatura del día en invierno está por debajo de los 20°C por algunas semanas (Menzel, 2001, Gazit y Stern, 2003, Nakasone y Paul, 1998), pero esto no se puede generalizar, ya que de acuerdo al cultivar la respuesta a las temperaturas puede variar, por ejemplo, el cv. Brewster en el sur de Florida tiende a tener floración errática, mientras que “Mauritius” lo hace de forma consistente. Esto se atribuye a la zona en donde fueron seleccionados (Gazit y Stern, 2003). De igual forma se requiere que los árboles completen su crecimiento vegetativo a tiempo, para que se produzca el segundo flujo en invierno en el cual se desarrollaran las flores (Menzel, 2001).

Otro problema que afecta la productividad, es la excesiva floración masculina o pobre floración femenina. Este fenómeno se presenta principalmente en áreas con temperaturas extremas (mayores a 32° C) (Menzel, 2001). En condiciones controladas todos los cultivares de litchi florecen con ciclos de temperatura día/noche de 15°/10° C y regresan a la fase vegetativa de 25°/20° C. Las altas temperaturas en la raíz (27.5° C) reducen la floración. En contraste, las bajas temperaturas (12.5° C) la incrementan (Menzel, 2001). La temperatura también influye en el tiempo de emergencia de la panícula a antesis; 14 a 16 semanas a 20/15 ° C mientras que, se requieren de 6 a 8 semanas a 15/10 ° C. El mayor número de inflorescencias por rama se da a bajas

temperaturas y se mantiene hasta antesis. Si las temperaturas se incrementan de 15/10 ° C a 30/25° C después de la emergencia y antes de la antesis, hay reducción en el número de flores femeninas y algunas yemas florales regresan a estado vegetativo (Nakasone y Paul, 1998).

Intensidad de la luz y fotoperiodo

El litchi es una planta de día neutro y la iniciación floral esta directamente relacionada con el contenido de reservas en hojas y tallos. El sombreado, como el que ocurriría en una huerta de con alta densidad, provoca disminución en la producción, debido a que las panículas son pequeñas y en menor número por árbol (Nakasone y Paul, 1998). Pero hasta la fecha no se tienen estudios donde se evalúe el efecto de la intensidad de la luz en la iniciación floral.

Edad de los brotes

No solo la temperatura como factor aislado influye en la iniciación floral. Qi Zheng *et al.*, (2001) mencionan que en litchi cvs. "Brewster" y "Mauritius" la edad de los brotes a partir del último flujo de crecimiento combinado con temperaturas frescas responden a la iniciación floral. La floración más alta ocurre en brotes de 15 a 25 semanas en "Mauritius"; mientras en "Brewster" de 20-30 semanas, siempre con la presencia de bajas temperaturas nocturnas. La diferencia en floración que presentan estos dos cultivares es atribuida a las latitudes en las cuales fueron seleccionados en China. "Brewster" esta adaptado a la latitudes semitropicales, en donde prevalecen inviernos fríos, mientras que "Mauritius" está mejor adaptado a inviernos frescos (Stern *et al.*, 1998).

Estrés hídrico

Se han realizado algunos estudios con el propósito de determinar el efecto del suministro de agua en la floración de este frutal. Se asume que al aumentar el crecimiento vegetativo disminuye la diferenciación floral. Al producir estrés hídrico se previene el flujo vegetativo continuo y consecuentemente se incrementa la intensidad de floración (Stern *et al.*, 1998). La sequía puede ayudar entonces a la iniciación floral

en ciertas circunstancias, pero no es requerida como tal para la floración (Menzel, 2001). En regímenes de temperatura inductivas, se da floración completa en plantas bien irrigadas y en condiciones de temperaturas no inductivas, un periodo de estrés hídrico podría detener el crecimiento vegetativo, pero no inducir la floración (Gazit y Stern, 2003). En contraste, después de la inducción floral, los árboles deben ser irrigados para prevenir el déficit hídrico (Menzel, 2001). Una práctica común es que se someta a la planta a estrés hídrico severo, del 0 % de aplicación de agua, pero los datos obtenidos en el estudio realizado por Stern *et al.*, (1998) sugieren que estrés moderado, del 50 % (-2.0 a -1.5 MPa) es óptimo para incrementar la producción. Con estrés severo se provoca disminución en el crecimiento y vida productiva del árbol.

Nutrición

La nutrición generalmente tiene menor importancia en la producción, a menos que exista exceso o deficiencia de algunos elementos. En general, los árboles requieren un periodo de tiempo largo para responder a las aplicaciones de fertilizante (Menzel, 2001). Cuando el suministro de agua y nutrientes es abundante, los árboles de litchi crecen vigorosamente y producen flujos vegetativos cada dos o tres meses. La falta de madurez de estos brotes a finales del otoño y principios del invierno evita que haya floración en enero y febrero. Esto puede prevenirse restringiendo el suministro de nitrógeno en verano (Li *et al.*, 2001). Gazit y Stern (2003) por su parte menciona que se puede reducir el crecimiento vegetativo otoñal si se disminuyen los niveles de nitrógeno de 1.75 a 1.85 % durante las 4 semanas anteriores a la emergencia de la panícula. Además, sugiere que la fertilización nitrogenada solo debe ser aplicada en primavera, después de la emergencia de la panícula y amarre de frutos y pero no antes.

En la información publicada por el INIFAP San Luís Potosí (Cuadro 1), se indica que el litchi debe ser fertilizado de acuerdo a su edad y preferentemente durante los meses de febrero, junio y octubre en los primeros años y a partir del cuarto año, solo una vez en el mes de junio, es decir, después de la cosecha. En el siguiente cuadro se muestran las dosis de fertilización recomendadas.

Cuadro 1. Fertilización para litchi de acuerdo a la edad del árbol, en Huichihuayan, SLP.

EDAD DEL ÁRBOL (AÑOS)	NITROGENO/ARBOL/APLICACIÓN (g)	FOSFORO/ARBOL/APLICACIÓN (g)	NO. DE APLICACIONES/AÑO
1	70	0	3
2	100	0	3
3	150	0	3
4-5	300	150	1
6-7	500	250	1
8-9	1,000	500	1
10 o MAS	1,500	750	1

Fuente: www.inifap.slp.gob.mx

Prácticas de manejo

La poda es una práctica que se debe llevar a cabo en litchi. Se ha demostrado que es posible podar los árboles para mantener el tamaño y promover la floración. Se han realizado estudios por Menzel en Israel en donde se ha encontrado que la floración fue mejor con poda realizada en octubre que la hecha antes o después. Es muy importante que no olvidemos que la producción de este frutal se da en los últimos flujos de crecimiento (Menzel, 2001).

Con el fin de promover la floración se han probado distintas técnicas como son el anillado y la aplicación de productos químicos. El anillado se hace generalmente después del último flujo de crecimiento que se presenta al terminar la cosecha. Esto previene el desarrollo de nuevo brotes vegetativos por tres meses, así pueden darse las condiciones necesarias para que se lleva a cabo la floración. Cabe señalar que los efectos del anillado aún no son bien conocidos y en algunos casos puede no volver a restablecerse el flujo y provocar la muerte de la rama (Menzel, 2001). En un trabajo llevado a cabo por Mitra y Sanyal (2001), se obtuvo como resultado que el anillado realizado en la base del tronco y en las ramas, incrementó la floración en años con alta y baja producción. En otros trabajos se ha encontrado que con el anillado en otoño promueve la floración en condiciones ambientales parcialmente inductivas. Este método es usado en China y es recomendado para algunos cultivares en Hawaii y Florida. Es especialmente efectivo en condiciones ambientales favorables para la inducción de los brotes tardíos de otoño. También se ha observado que anillando el tronco completo ó todas las ramas principales, es más efectivo que anillando solo la mitad de el árbol, ya que en este último caso la parte anillada incrementa la producción, pero decrece en la parte no anillada (Gazit y Stern, 2003).

Reguladores de crecimiento

En forma natural, las concentraciones de fitohormonas cambian durante el desarrollo de las estructuras reproductivas, lo que sugiere que juegan un papel importante en la iniciación floral. Por ejemplo, las citocininas, se encuentran en bajas concentraciones de la 6a-8a semana antes de la floración en litchi, incrementan a la 4a semana y alcanzan su máximo a la 2ª semana antes de la floración. En caso contrario, las giberelinas que están en altas concentraciones a la 4ª semana, disminuyen a la 2ª semana antes de la floración hasta niveles ligeramente detectables (Naphrom y Subhadrabandu, 2001).

Con aplicaciones de etefon (0.4 gL^{-1}) se logró incrementar la concentración de citocininas y ácido abscísico en Logan y disminuir la concentración de giberelinas, por otro lado, se encontró que las citocininas y el ABA inducen la morfogénesis de brotes florales y las giberelinas la inhiben (Qiu *et al.*, 2001).

En litchi, cv. Mauritius la aplicación de paclobutrazol $0.5 \text{ g} + 0.4 \text{ g}$ de etefon por litro de agua, promueven la floración en árboles improductivos. Al contrario, la fructificación fue errática, cuando se les aplicaron retardantes del crecimiento (Ramburn, 2001).

Se ha estudiado el efecto que produce la aplicación de KNO_3 y TIBA (2,3,5- ácido triiodobenzoico) y se encontró que el KNO_3 incrementa la floración, número de frutos por panícula y en general la producción; por su parte el TIBA estimula el porcentaje de polen fértil (Mittra y Sanyal, 2001).

En Logan la aplicación al suelo irrigado de clorato de potasio 8 gm^{-2} en noviembre induce en 80 % la floración. Como spray 1 gL^{-1} induce 97% la floración y aplicado al tronco 0.25 gcm^{-1} de diámetro induce 80% la floración (Subhadrabanchu y Yapwattanaphum, 2001).

4.7 Floración

La antesis en la inflorescencia del litchi ocurre en tres fases. En la primera, ocurre la apertura de las flores masculinas, situadas más cerca del eje principal, las cuales tienen anteras solamente. En la segunda que ocurre unos días después abren las flores femeninas cuyo pistilo se encuentra estrechamente adosado por las anteras indehiscentes. Por último, ocurre la tercera fase con la antesis de las flores

funcionalmente masculinas (hermafroditas), estas presentan anteras y pistilo no funcionales (Robbertse *et al.*, 1995 y McConchie y Batten, 1991).

Difícilmente hay sobreposición de fases en la misma inflorescencia. De igual forma, la sincronización no es perfecta entre las inflorescencias de un mismo árbol ó cultivar, en donde cada fase dura aproximadamente de 7 a 12 días y hay dos periodos de coincidencia de 1 a 3 días, cada uno.

Al plantar dos cultivares se puede incrementar la polinización, ya que se amplía el periodo de sobreposición entre las fases femenina y masculina.

Se han observado algunas peculiaridades en el patrón en que se presenta cada fase. Las primeras flores en abrir, son del tipo I (masculinas), no obstante algunas veces están ausentes, y la floración inicia con la antesis de las flores femeninas (tipo II). Esto se ha observado frecuentemente en árboles jóvenes, sin embargo, algunas veces también se han encontrado en árboles maduros que fueron anillados.

En algunos cultivares existe la tendencia a ocurrir un segundo periodo de floración, en donde se presentan flores de los tipos III y II y sin presentar la fase de las flores tipo I, pero esto aún no está bien documentado (Gazit y Stern, 2003).

Entre cultivares ocurren diferentes grados de coincidencia entre la antesis de flores femeninas y masculinas, tanto de las flores tipo I como las del III. Por ejemplo, ocurre coincidencia parcial entre la floración femenina del cv. Mauritius y la Masculina del cv. Floridian y sobreposición completa de la fase femenina del cv. Floridian con la tipo III del cv. Mauritius (Stern *et al.*, 1995).

Se asume que el litchi es autocompatible, ya que existe producción en plantaciones en donde solo existe un cultivar, aunque en algunos estudios se ha relacionado la procedencia del polen, ya sea de las flores tipo I ó III, con el amarre de frutos. Las flores para sí mismas son autoestériles, ya que los pistilos y las anteras no suelen ser funcionales al mismo tiempo en la misma flor, por esta razón, se requiere de un vector externo para que ocurra la polinización (McConchie y Baten, 1991).

4.8 Características del fruto

El fruto del litchi es considerado morfológicamente como una drupa, alargada cuando joven y se torna cordiforme conforme se desarrolla por Stela *et al.*, (2001). El ovario

contiene dos óvulos y generalmente sólo se desarrolla un fruto, pero en algunos casos, se forman frutos dobles que se encuentran en un pedúnculo. Muchos de los óvulos en litchi contienen sacos embrionarios anormales, por ejemplo, en el cv. Brewster, se han encontrado flores en donde el saco embrionario se pierde en varios óvulos ó las sinérgidas degeneran después de la antesis. También se han encontrado sacos embrionarios con ausencia de algunos de los componentes esenciales como la ovocélula, los núcleos polares y las sinérgidas (Stela *et al.*, 2001).

La diferenciación del fruto comienza con la formación del pericarpio, el cual consiste en células pequeñas isodiamétricas. Primero ocurre la división celular seguida de la expansión de las mismas y es durante este periodo que las células incrementan su tamaño.

Conforme el fruto se va desarrollando, el pericarpio se diferencia y se convierte en exocarpio, mesocarpio y endocarpio. Hay ciertos momentos durante el desarrollo del fruto en donde solo se puede distinguir el exocarpio y mesocarpio, pero cuando el fruto ha madurado ya posee sus tres componentes (Stela *et al.*, 2001).

El desarrollo del fruto se puede dividir en tres fases; la primera inicia a las cinco semanas de la floración femenina (FF) y durante este periodo, se presenta el incremento en peso por la formación del pericarpio. La segunda fase ocurre a las 7 semanas de FF y es en este momento cuando el crecimiento de la semilla culmina y el endospermo desaparece. El embrión llena completamente la cavidad de la semilla con sus cotiledones bien desarrollados. A partir de este momento el arilo inicia su desarrollo. La tercera fase comprende de la semana 7 a la 13 después de FF y es caracterizada por el rápido crecimiento del arilo hasta la madurez total del fruto (Stern *et al.*, 1995).

El pericarpio presenta protuberancias muy prominentes durante sus estados iniciales de desarrollo, pero después de que la semilla y el arilo se desarrollan, éstas se van haciendo pequeñas y el pericarpio se adelgaza y obtiene aspecto rugoso. Consiste principalmente en protuberancias externas que están soportadas por líneas de esclereidas (Gazit, 2003). La función de las esclereidas subepidérmicas es la de proteger al fruto de daños mecánicos o estrés fisiológico o por el ataque de herbívoros. El epicarpio presenta una cutícula continua y gruesa que tiende a adelgazarse

conforme el fruto va madurando (Stela *et al.*, 2001). El mesocarpio está constituido de células parenquimatosas y tejido vascular (Gazit, 2003). Es carnoso y constituye la mayor parte del pericarpio. Cuando es inmaduro, contiene organelos fotosintéticos y cuando madura presenta gran cantidad de antocianinas (Stela *et al.*, 2001).

El endocarpio es membranoso y delgado, de tonalidad ligeramente rosada. Con facilidad se separa del arilo cuando la fruta está madura. Estos tres estratos constituyen la cáscara del litchi (Stela *et al.*, 2001).

El arilo se desarrolla del funículo o cerca del tegumento externo, justo sobre el obturador. Aparece al principio como un anillo de tejido blanco alrededor de la base de la semilla. Su desarrollo inicial es lento y su crecimiento rápido ocurre simultáneamente al desarrollo de los cotiledones del embrión y continúa hasta la madurez del fruto (Gazit y Stern, 2003).

El tamaño de la semilla varía según el cultivar. La mayoría de ellos tienen semillas de tamaño mediano a grande. En relación con el fruto ocasionalmente encontramos cultivares cuyos frutos desarrollan semillas pequeñas, por ejemplo, el cv. Groff, que es el que presenta la mayor producción de semillas reducidas en alrededor del 95% de los frutos. Esto incrementa hasta en 80 % el contenido de pulpa. En cultivares con semillas reducidas, un embrión pequeño se desarrolla al interior de la semilla la cual crece hasta los 35 días después de la antesis aproximadamente (Nakasone y Paul, 1998).

4.9 Caída de frutos (factores que intervienen)

En Litchi, la producción baja e irregular es un problema común. Esto es atribuido tanto a las fallas en la floración, como a las dificultades para retener los frutos. Se han enumerado diversos factores que influyen en la caída de frutos, entre los que podemos mencionar factores fisiológicos y del ambiente, como estrés por humedad, baja humedad atmosférica, aborción de embriones, problemas en la fecundación de las flores, entre otros (McConchie y Baten, 1991).

En condiciones normales, cada inflorescencia produce entre 100 y 250 flores femeninas de las cuales un pequeño porcentaje termina en fruto completamente desarrollado después de la abscisión masiva de flores y frutos (Stern *et al.*, 1995).

Se han observado dos periodos de abscisión importantes. El primero al final de la cuarta semana después de que ocurrió la antesis, en donde permanece solo del 5 al 10 % del número inicial de flores femeninas y se han desarrollado como pequeños frutos. Una semana después inicia el segundo periodo. Todos los frutos que caen en este momento contienen cubierta seminal completamente desarrollada y un embrión, el cual puede ser normal o abortivo y pesa de 2 a 6 gramos. Durante este periodo, cerca de la mitad de los frutos que aún permanecen, caen, por lo que solo del 3-5 % del número inicial de flores femeninas culminan en fruto completamente desarrollado (Stern *et al.*, 1995).

Por otro lado, Nakasone y Paul (1998), mencionan que el desarrollo del fruto esta acompañado de cuatro fases de abscisión, la primera ocurre a los 15 días de la antesis, en la cual más del 92 % de las flores polinizadas caen debido a la degeneración del endospermo y subsecuentemente la aborción del embrión. El segundo periodo, es posiblemente debido a la degeneración del saco embrionario. La fase tres no es especificada por el autor y la fase cuatro cual ocurre antes de la cosecha no se presenta en fruta que tiene semilla abortiva.

Fertilidad de las flores femeninas

La baja productividad en litchi está relacionada con problemas en la fertilización de las flores, debido a que como se mencionó, existen tres fases de apertura de cada tipo de flor, por lo que la coincidencia de estas fases y la fertilidad de cada tipo de flor son factores importantes.

Se ha observado que las flores femeninas tienen periodos en que la fertilidad cambia. En el cv. Mauritius se encontró que la fertilidad se incrementa con la edad de las flores y el amarre de frutos incrementa de 4 a 13.6 % cuando las flores fueron polinizadas de los 5 a 15 días después de antesis (Gazit y Stern, 2003). En otro estudio, McConchie y Baten (1991), en el cv. Brewster, encontró que las flores femeninas que fueron polinizadas después del tercer día posterior a la antesis, obtuvieron mayor amarre de frutos. Se estudió la anatomía de estas flores para explicar este acontecimiento. Se usaron secciones de óvulos para determinar la presencia de sacos embrionarios maduros en varios periodos después de la antesis y se encontró que a la primera

semana después de la apertura floral, la proporción de óvulos que contenía un saco embrionario completo incrementó de 39.1 al 70 % después de 7 días. Esto quiere decir que la fertilidad en las flores femeninas está relacionada con el desarrollo completo de sus estructuras, lo cual es de suma importancia al momento de que ocurra la polinización.

Polinización

Ya que las flores de litchi son funcionalmente unisexuales, la polinización de las femeninas puede ocurrir solamente por polinización cruzada. Las flores están adaptadas para que se realice la polinización con la ayuda de insectos. Esto gracias a que producen néctar, el cual atrae insectos polinizadores (Gazit y Stern, 2003). Las abejas constituyen el 98-99 % de los insectos visitantes de las flores de litchi, esto durante las primeras horas del día, cuando la secreción del néctar ocurre. Los estigmas son receptivos para ser polinizados 72 horas desde el momento de la apertura y las anteras son funcionales de 1 a 3 días después de la antesis (Nakasone y Baten, 1998). Stern *et al.*, (1998), estudiaron la polinización por abejas, en dos cultivares comerciales, Mauritius y Foridian, encontraron que la densidad de polen en las abejas colectadas fue bajo mientras estuvo la fase de las flores tipo I y se incrementaron los valores en presencia de las flores tipo III. De igual forma, el volumen del néctar por flor y concentración de néctar fue alto para las flores femeninas tipo II, seguidas por las tipo III y por último las tipo I, esto explica la atracción de las abejas por cada tipo de flor. La densidad de abejas encontradas en las flores tuvo la misma tendencia. La correlación positiva que se presentó entre la densidad de abejas y la concentración de azúcares fue significativa para las flores femeninas y tipo III.

El periodo de coincidencia entre la apertura de cada flor, la viabilidad del polen y la receptividad del estigma determinan la cantidad de flores que logran ser fecundadas. Altas temperaturas (32/27 °C) tienen efecto negativo en el crecimiento del tubo polínico. En estas condiciones el tubo polínico puede alcanzar al ovario solo en el 20 % de los casos y nunca llega al óvulo. Pero cuando las temperaturas son entre 17/12 °C, los tubos llegan al ovario en todos los casos y al óvulo en el 35 % de las flores (Gazit y Stern, 1998). La polinización es óptima a temperaturas entre 19 y 22 °C y ocurre en 5-7

días. A temperaturas menores, el crecimiento del tubo polínico es fuertemente inhibido. La lluvia también puede tener efecto negativo en la polinización, cuando ocurre en el momento en que ocurre la antesis, puede reducir la apertura floral y la actividad de los insectos polinizadores (Nakasone y Baten, 1998).

Viabilidad y procedencia del polen

El litchi presenta polen procedente de las flores masculinas del tipo 1 y las del tipo 2. Aunque morfológica y genéticamente no se han encontrado diferencias, se ha logrado concluir que el polen de las flores tipo III es en general más viable, que el de las flores tipo I, esto se ha explicado por la mayor cantidad de néctar y azúcares contenidos en el polen con mayor viabilidad. La viabilidad superior del polen de las flores tipo III, sumado con el atractivo de las mismas para las abejas, hace a estas más efectivas para la polinización que las tipo I (Stern y Gazit, 1996). Las altas temperaturas (27/22 °C a 32/27 °C) tienen efecto negativo en la viabilidad del polen y la normalidad del gineceo. Esto puede variar de acuerdo al cultivar, en estudios realizados con los cvs. "Floridian" y "Mauritius" el primero fue más susceptible a daños por altas temperaturas, pero sólo en el caso del polen de las flores tipo I (Stern *et al.*, 1998)

Todo esto cobra importancia cuando se empieza a hablar de amarre de frutos, al respecto se ha encontrado que hubo mayor amarre después de la polinización con polen de las flores tipo III. Además, la polinización cruzada, siempre resulta en mayor número de frutos amarrados que cuando ocurre la polinización por el mismo árbol (Stern *et al.*, 1998).

Se ha observado que existe abscisión selectiva en los frutos de litchi en los cvs. "Mauritius" y "Floridian". En ambos la fruta procedente de polinización hecha por el mismo árbol tiende a caer con mayor facilidad que cuando la polinización fue cruzada. La ventaja de los híbridos aparentemente deriva del hecho de que estos son más vigorosos (Stern *et al.*, 1995). La fruta procedente de polinización cruzada tiene mayor oportunidad de competir por los recursos del árbol. Pero el comportamiento no es el mismo entre cultivares; mientras que en el cv. "Mauritius", la fruta polinizada por el polen del mismo árbol que logra sobrevivir llega a madurez, en el Cv. "Floridian", en su mayoría cae (Degani, 1995).

Fitohormonas

Las fitohormonas juegan un papel importante en la regulación de muchos procesos fisiológicos en las plantas y la caída de frutos es uno de ellos. Al reconocer que las semillas en los frutos constituyen una fuente de fitohormonas para su desarrollo, algunos autores enfatizan la relación entre la producción de auxinas por las semillas con la dinámica de caída de frutos. Durante los periodos de máxima caída, la síntesis de esas auxinas es bajo mientras que en los periodos de poca caída es lo inverso, lo cual sugiere que las auxinas ejercen efecto inhibitorio a la caída al mantener la actividad de los tejidos y establecen un sitio de demanda de metabolitos (Díaz, 2002).

En un estudio realizado por Stern *et al.*, (1995), se estudió el desarrollo del fruto de litchi y su relación con la abscisión del mismo. Observó dos momentos en que ocurre la abscisión, el primero a las cuatro semanas de la antesis y el segundo una semana después. La primera caída se atribuye a fallas en la fecundación de las flores y la segunda a la disminución en el nivel de auxinas. Se llegó a esta conclusión porque al aplicar auxinas a la quinta semana después de la floración femenina la retención de frutos fue total. Este periodo de caída de frutos coincide con el rápido crecimiento del embrión.

Por otro lado, Rongcai y Huibai (1988), menciona que existen tres momentos en que el contenido de auxinas cae. El primero justo después de la fertilización, el segundo en las primeras etapas del desarrollo del endospermo líquido y el tercero al inicio del rápido desarrollo del embrión. Además de las auxinas, el etileno está implicado en la abscisión de frutos. Esta fitohormona inicia el proceso de abscisión con los consecuentes cambios anatómicos y químicos. En este caso, la cantidad de fitohormona que se produce en el pedúnculo o pedicelo es baja, mientras que la mayor cantidad se sintetiza en la pulpa o pericarpio, para de ahí difundirse a la zona de abscisión (Díaz, 2002).

La relación entre la síntesis de etileno en frutos y su caída, se ha identificado en varias especies, por ejemplo, en mango se encontró que la fitohormona aumenta a partir de las 48 horas antes de la abscisión y llega a su máximo al momento de la separación y en el caso de aguacate, el incremento de etileno ocurre a partir de las 60 horas antes de la separación del fruto. La sensibilidad al etileno cambia conforme va aumentando la edad de los frutos (Díaz, 2002).

Nutrición

De manera directa no se conoce algún efecto regulador de los nutrientes en la abscisión de frutos, pero se acepta la influencia por aspectos competitivos generales, ya que si se reduce la población de frutos en un árbol desde inicios de su desarrollo por medio del aclareo de frutos se disminuye la intensidad de caídas tempranas, lo que sugiere que la competencia nutricional puede influir en las caídas iniciales (Díaz, 2002). En aguacate se ha encontrado que hay reducción tanto de azúcares reductores y totales como consecuencia del traslape de eventos fenológicos como lo son el crecimiento vegetativo y la floración, lo que provoca la caída temprana de frutos (Castillo *et al.*, 1996).

Discusión de la revisión

El litchi es un frutal de reciente introducción a México en comparación con otros frutales. A nivel mundial, principalmente en zonas cercanas a su centro de origen la investigación en cuanto a su fenología, fisiología y manejo están más avanzadas que en nuestro continente.

Esto tiene relevancia porque es frecuente que adoptemos tecnologías generadas por investigaciones realizadas en otros países y aunque se trabaje con cultivares cuyos requerimientos edafoclimáticos son similares a nuestra zona de producción y estas a su vez coincidan parcialmente con los lugares donde fueron desarrolladas estas tecnologías, no es lo mejor considerar como un hecho el éxito de las mismas en nuestras condiciones.

De ahí la necesidad de generar nuestra propia información, aunque siempre es bueno recurrir a los resultados obtenidos por otros investigadores como referencia. Por el momento la mayoría de las investigaciones han sido desarrolladas en Florida y Hawaii y en menor proporción en Brasil y México, donde se está iniciando con algunos estudios anatómicos, morfológicos y de manejo. Pero los estudios fisiológicos que soporten cualquier investigación relacionada con estas prácticas no se han llevado a cabo. En su lugar se toman con un hecho los resultados de los trabajos de otros países y aunque en general se esperaría que un cultivar se comportara de la misma forma, ya que su genética es la misma, se tienen evidencias de que no es así. Por ejemplo, el cv. Brewster en Florida es considerado apto para la producción en zonas más cálidas que

el cv. Mauritius, el cual de acuerdo a sus resultados, requiere temperaturas más frescas para óptima producción. Lo que resulta contrario a los primeros trabajos realizados en México, en donde “Brewster es mas afectado por condiciones del trópico y “Mauritius” responde mejor.

De igual forma las pocas prácticas de manejo que se están realizando, no se hacen de forma adecuada, pues se carece de información para difundirla entre los productores. Como ejemplo de esta situación podemos mencionar el manejo de la densidad de plantación. No se tienen datos de la influencia del sombreado de acuerdo a los requerimientos de luz y su intensidad, porque aún no se han estudiado. Por otro lado, la poda si debe considerarse una práctica necesaria y ésta debe hacerse de acuerdo a las características de cada cultivar, ya que “Mauritius”, al tener crecimientos vigoroso, necesita que se realice poda de formación desde que se está produciendo la planta en el vivero. Mientras que en “Brewster” es más importante la poda después de la cosecha, misma que es necesaria también en “Mauritius”, con el fin de homogeneizar lo mas posible la edad de los brotes de tal forma que alcancen la edad necesaria (madurez) al momento de recibir el estímulo para la inducción floral y se puedan realizar con éxito otras prácticas como el anillado y la aplicación de fitohormonas ó reguladores de crecimiento, empleados para promover la floración.

Se tiene que tener conocimiento primeo de los cultivares que se tienen y después de sus características y requerimientos para saber que esperar y que hacer para que puedan ser más productivos y así no generalizar las recomendaciones o dar por hecho que algún evento fisiológico puedo o no ocurrir en las condiciones ambientales de nuestra zona de producción.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Ubicación

El trabajo se llevó a cabo en Mecapalapa, Puebla, que se encuentra ubicada a 20°33' latitud norte y a 350 m de altitud. Limita al norte con Ixhuatlán de Madero, Veracruz, al este con Francisco Z. Mena, Puebla y al sur con Venustiano Carranza, Puebla.

5.2 Material Vegetal

Se emplearon árboles de 14 a 15 años en plena producción de los cvs. Mauritius y Brewster establecidos a 10 x 10 m. A continuación se presenta la descripción que se indica en la literatura (Menzel, 2002 y Galan, 1990)..

“Brewster”

Este cultivar fue obtenido en Fujian por el reverendo W. M. Brewster y propagado en Florida en 1903. También fue enviado a Australia, pero no es muy popular. En 1948, W. Groff sugirió que “Brewster” era en realidad el cultivar conocido en China como “Chen Zi” y reciente información indica que son los mismos cultivares. Los árboles son pequeños y erguidos con ángulos amplios, fuertes con denso follaje. Es uno de los pocos con lenticelas distintivas o crecimientos corchosos en las ramas. Las hojas son largas, de color verde oscuro y terminaciones puntiagudas, los brotes nuevos son de color café rojizo. Los frutos son de tamaño medio a grande (20 – 26 g), de color rojo-rosado y cáscara rugosa y gruesa. La base de los frutos en el pedúnculo es asimétrica, con una cresta levantada a lo largo de la línea de la sutura de la base. La punta de la fruta es redondeada. La pulpa es ligeramente fragante, jugosa y dulce cuando esta totalmente maduro, pero ácido cuando no alcanza aún la madurez. Representa el 74 % en torno al peso total del fruto. Las semillas son oblongas y más del 80 % no se desarrollan si persiste clima demasiado frío.

“Mauritius” (“Tai So”)

“Mauritius” o “Tai so”, como es conocido en China, es un cultivar común en este país, Tailandia y Australia, aunque los rendimientos tienden a ser irregulares. Los árboles a

menudo tienen floraciones y amarre de frutos pobres. Los árboles son vigorosos, con copa abierta y ángulos agudos entre ramas que se tornan débiles, por lo que son sensibles al viento. Aun los árboles grandes pueden resultar dañados. Las hojas son grandes, color verde oscuro brillante y tienen ligero enroscamiento hacia arriba a partir de la mitad de la hoja. Los brotes nuevos son de color bronceado cambiando a color verde pálido, enverdeciendo a medida que envejecen. Los frutos son grandes (22 – 26 g) y forma parecida al huevo y punta redondeada. La cáscara es delgada y de color rojo brillante cambiando a rojo pálido en la madurez. El sabor es agrídulce cuando no está maduro, dulce cuando está totalmente maduro.

Entre las características distintivas observadas en campo se mencionan las siguientes: Los árboles del cv. Brewster presentan apariencia corchosa en las ramas, las hojas se encuentran en grupos de 6 a 8 y terminan en pares o nones y los brotes nuevos tienen coloración rojiza. Por su parte, el cv. Mauritius, presenta textura más lisa en las ramas con respecto a “Brewster”, los grupos de hojas finalizan siempre en par y los brotes nuevos tienen coloración verde pálido.

5.3 Diseño experimental

Para evaluar la variable “iniciación floral” se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 x 2. Se evaluó la interacción de dos cultivares con la realización o no de anillado. Cada tratamiento tuvo cinco repeticiones (cinco árboles) y como unidad experimental tres yemas de cada árbol (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tratamientos utilizados para el estudio de la iniciación floral, en litchi, en Mecapalapa, Puebla.

Tratamiento	Cultivar	Anillado
1	Brewster	Si
2	Brewster	No
3	Mauritius	Si
4	Mauritius	No

Para las variables cuantificación de flores masculinas, femeninas y totales, anthesis de cada tipo de flor, caída de frutos y características de frutos se empleó un diseño

completamente al azar. Se evaluó el comportamiento de dos variedades tomando como referencia 10 inflorescencias o en su caso 10 infrutescencias de cada cultivar.

5.4 Variables evaluadas

Iniciación floral

A partir del 15 de octubre y hasta el momento en que emergieron las inflorescencias se colectaron tres yemas terminales de cinco árboles seleccionados. El muestreo se hizo cada quince días. Se analizaron las yemas colectadas en los muestreos del 1º y 30 de noviembre con el fin de determinar el momento en que ocurrió la diferenciación floral, ya que se pensó que en ese periodo pudo haber ocurrido el evento. Además se registraron las temperaturas mínimas, máximas y medias; con esa información se determinaron el número de horas por mes en que fueron menores a 15°C y de 15.1 a 20°C.

Con las yemas colectadas se realizó un estudio anatómico mediante la siguiente metodología (Johansen, 1940):

Deshidratación

Las yemas colectadas se trajeron del campo y se conservaron en una mezcla de ácido acético y etanol (2:1). Posteriormente se pasaron por etanol a diferentes concentraciones: 30 %, 50 %, 60 %, 90 % y 100 % y se continuó con los siguientes pasos.

Inclusión en parafina

Las muestras fueron sumergidas en una mezcla de 50 % etanol en xileno, luego parafina fundida, se realizaron dos cambios cada 24 horas y las muestras se mantuvieron al interior de una estufa a 60°C. Se les aplicó vacío para extraer el aire de los tejidos y de esta manera permitir su completa infiltración.

Corte y montaje

Se realizaron cortes a 10 μm de grosor de los bloques de parafina formados a temperatura ambiente, con un micrótopo rotatorio, previa orientación de las yemas. Se montaron sobre un portaobjetos con adhesivo de cromo (0.5 g de gelatina + 0.1 g de fenol + 0.05 g de alumbre de cromo + 100 mL de agua destilada). Posteriormente se colocaron los portaobjetos conteniendo las muestras en una platina a 55°C con la finalidad de que se extendieran los tejidos.

Remoción de la parafina

La parafina se removió de las muestras con xileno al 100 %, para lo cual se hicieron tres cambios de este producto con duración de tres minutos cada uno. A continuación se sometieron los cortes a un proceso de hidratación con etanol al 100%. Finalmente se procedió a la tinción con safranina y se montó con bálsamo de Canadá y se secaron en una plancha a 52°C.

Una vez que las preparaciones estuvieron listas, se realizó su selección para determinar el estado de diferenciación en el que se encontraban y se fotografiaron.

Cuantificación de flores masculinas, femeninas y totales

En cinco árboles de cada cultivar, se seleccionaron dos inflorescencias por árbol y se contaron las flores de cada tipo, con la ayuda de esquemas de las inflorescencias y al final se obtuvo el total. En la inflorescencia completa se contó el número de ramificaciones y se cuantificó el número de flores tipo I, tipo II y tipo III en cada ramificación de esta manera se obtuvo el número de cada tipo de flor y el total. El conteo se hizo cada tres días durante el tiempo en que duró la antesis. Además se midió la longitud del eje principal de las inflorescencias y se llevó a cabo el registro de temperaturas mínimas, medias y máximas.

Antesis

En las mismas inflorescencias se observó en que momento apareció cada tipo de flor y el tiempo que duro en cada cultivar. El monitoreo se llevó a cabo dos veces por semana durante todo el periodo de floración. Se registraron las temperaturas mínima, máxima y

media cada dos horas durante los meses de enero a marzo, así como el número total de horas por mes en que la temperatura se encontró entre (22 y 26° C) y (26,1 y 34°C).

Caída de frutos

Se eligieron cinco árboles de cada cultivar, de los cuales se seleccionaron dos inflorescencias en cada uno al momento de la antesis de las flores tipo II. Las inflorescencias fueron marcadas para darles seguimiento hasta que culminó el desarrollo del fruto, cuantificando semanalmente el número de frutos que cayeron y los que permanecieron hasta el momento de la cosecha.

Temperatura y Humedad relativa

Desde el 15 de octubre y hasta que se cosechó la, se midió temperatura (mínima, media y máxima) y humedad relativa (Mínima, media y máxima). Estas variables fueron medidas con la ayuda de un data logger ubicado en la huerta donde se llevó a cabo el estudio.

Características del fruto

Se midieron cuatro variables para establecer ciertas características distintivas entre los cvs. Mauritius y Brewster, los cuales fueron: porcentaje de semilla, cáscara y pulpa, así como el porcentaje de semillas rudimentarias.

Análisis de datos

En la iniciación floral, posteriormente a la selección de imágenes tomadas, se determinó el estado en que se encontraban las yemas en dos momentos (1º y 30 de noviembre) y se realizó una descripción del mismo.

Para la cuantificación de flores, con los valores se obtuvo el número máximo, mínimo y promedio de cada tipo de flor y totales para cada cultivar y se estableció relación con las temperaturas que se presentaron durante ese periodo.

La antesis se analizó estableciendo los periodos de apertura de cada tipo de flor en ambos cultivares y se determinaron los días de coincidencia de fases entre uno y los dos cultivares. También se relacionó la temperatura presentada (mayores a 22 °C) con los periodos en donde pudieran verse afectadas las estructuras florales o la polinización.

En la caída de frutos se identificaron las más importantes para cada cultivar, así como el número inicial, final y porcentaje de amarre y se comparó con lo registrado en la literatura.

Una vez obtenidos los valores de porcentaje de pulpa, cáscara y semillas, así como el porcentaje de semillas rudimentarias, se procedió a caracterizar cada cultivar, estableciendo una comparación entre lo encontrado en la literatura.

6. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1 Iniciación floral

La iniciación floral comprende los primeros cambios estructurales y funcionales que dan lugar a la formación de las partes florales (Sivori, 1980). Aún cuando se tomaron muestras de yemas desde el 15 de octubre, debido a que el objetivo fué observar en que momento los meristemas presentaban los cambios para determinar que la iniciación floral ocurrió, se decidió que se procesaran y cortaran las muestras del 1º y 30 de noviembre. En el muestreo realizado el 1º de Noviembre de 2007, se encontró que el 100 % de los meristemas de ambos cultivares estaban en estado vegetativo.

Cuando el meristemo se encuentra en estado vegetativo se presentan los tres estratos de células que conforman las túnicas (T1, T2 y T3) y el domo presenta forma convexa (Figura 2).

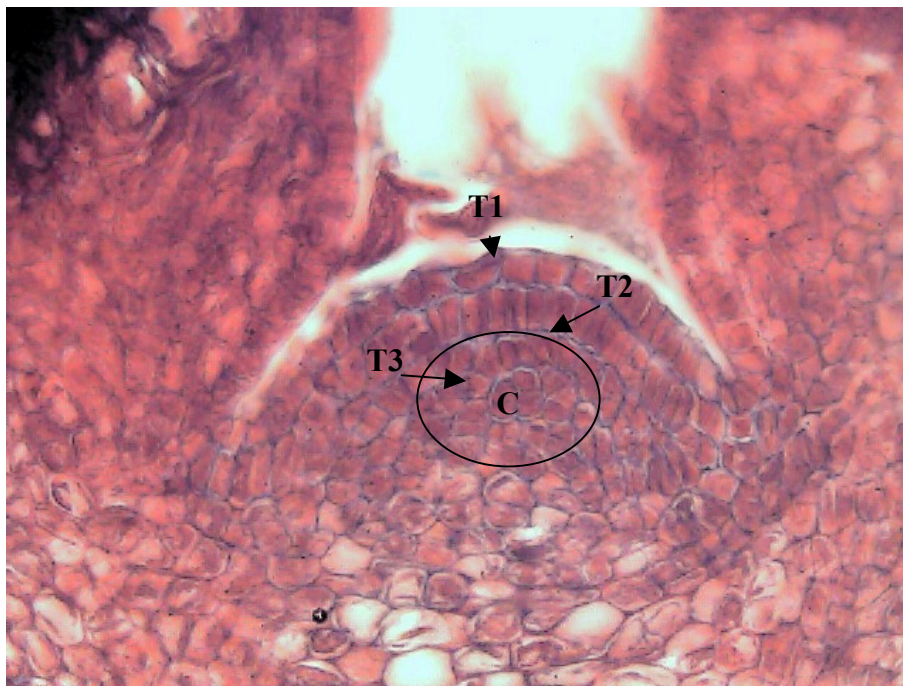


Figura 2. Meristemo vegetativo de litchi cv. Brewster, 1 de noviembre de 2007. Mecapalapa, Puebla. Aumento 40x, [T= Túnicas; C= Cuerpo].

En el Cuadro 3 se presentan los resultados del estado en que se encontraron los meristemas de los brotes apicales muestreados en ambos cultivares el 30 de

Noviembre y se puede apreciar que aún cuando se encontraron meristemas en estado vegetativo, en la mayoría de los árboles de ambos cultivares ya existía la iniciación floral. Con excepción de una repetición de “Brewster” donde los tres meristemas observados del mismo árbol, eran vegetativos, en los demás fue del 33 al 66 %, en árboles con y sin anillado. Mientras que en “Mauritius”, el porcentaje de meristemas vegetativos fue de 0 a 33 %, esto pone en evidencia las diferencias que hay entre los dos cultivares en esta etapa. Del total de los meristemas observados, en el 53 % de los del cv. Brewster ya había ocurrido la iniciación floral, mientras que en “Mauritius” era del 90 %. Tomando en cuenta el origen de ambos cultivares (Gazit y Stern, 2003), la respuesta que presentaron en Mecapala, Puebla, coincide en parte con lo indicado por estos autores y muestra que la iniciación sucede en periodos diferentes y puede estar relacionado con la precocidad de cada cultivar.

Con relación al efecto del anillado en la iniciación floral, se observó que “Brewster” anillado, tenía el 59.96 % y sin anillado el 66.6 %; mientras que, en “Mauritius” anillado el 93.3 % de los ápices estaba iniciado y en árboles sin anillar era del 86.6 %, con base en lo anterior, no se puede considerar que esta práctica tenga efecto en la iniciación floral; sin embargo, tendría que tomar en cuenta la época en la cual se realizó dicha práctica y es claro que también se deben tomar en cuenta las diferencias que existen entre ambos cultivares, en relación con el periodo en que ocurre la inducción floral. Mismo que se deberá definir con precisión para poder estudiar los factores que la estimulan o inhiben.

Cuadro 3. Estado del meristemo apical de yemas apicales provenientes de árboles de los cultivares Brewster y Mauritius en Mecapalapa, Puebla, en Noviembre 30 de 2007.

Cultivar	árbol	Tratamiento	Repetición			Porcentaje de meristemos	
			1	2	3	Vegetativos	Iniciados
Brewster	1	A	V	V	V	100	0.0
	2	A	I	I	I	0	100
	3	A	I	I	V	33.3	66.6
	4	A	I	I	V	33.3	66.6
	5	A	I	V	I	33.3	66.6
Mauritius	1	A	I	I	I	0	100
	2	A	I	I	I	0	100
	3	A	I	I	I	0	100
	4	A	I	I	I	0	100
	5	A	I	V	I	33.3	66.6
Brewster	1	SA	I	I	I	0	100
	2	SA	V	I	I	33.3	66.6
	3	SA	V	I	I	33.3	66.6
	4	SA	V	V	I	66.6	33.3
	5	SA	I	I	V	33.3	66.6
.Mauritius	1	SA	I	V	I	33.3	66.6
	2	SA	I	I	I	0.0	100
	3	SA	I	I	I	0.0	100
	4	SA	I	V	I	33.3	66.6
	5	SA	I	I	I	0.0	100

En donde:

A= anillado V=vegetativo
SA= sin anillar I=iniciado

En la iniciación floral ocurren cambios anatómicos en las túnicas, la reorganización de los estratos celulares más internos hacia el cuerpo del meristemo, lo cual se puede observar en la Figura 3. Esto difiere con lo mencionado en la literatura, en donde se menciona que el primer signo es el aplanamiento del domo (Agusti, 2004, Díaz, 2002), evento que de acuerdo con lo observado ocurre una vez que inició la desorganización del cuerpo del meristemo o quizás sean eventos simultáneos en litchi.

La túnica 3 comienza a desorganizarse seguida del aplanamiento del domo, características que indican que el meristemo apical pasa de vegetativo al iniciado, lo que significa que ha ocurrido la inducción. Lo mismo se observa en mango (Osuna, 2000) el momento en que ocurre la iniciación floral es caracterizado por la división

transversal de las células que conforman el meristemo medular, es decir la región “C” o del cuerpo.

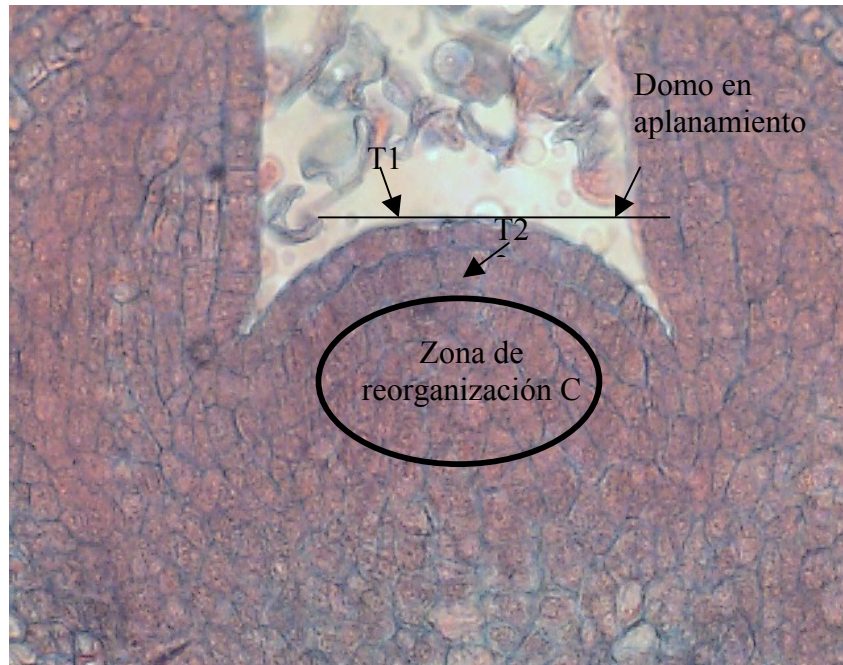


Figura 3. Meristemo iniciado de litchi cv Mauritius, 1 diciembre de 2007. Mecapalapa, Puebla. Aumento 10x [T_{1,2}= Túnicas, C= Zona de reorganización C= cuerpo]

Existen diversos factores que se deben tomar en cuenta para hacer el anillado. La edad de los brotes es uno de ellos, al respecto Qi Zheng *et al.*, (2001) mencionan que para el cv. Mauritius se requiere que los brotes sean de 15 a 25 semanas para poder realizar el anillado y para el cv. Brewster de 20 a 30 semanas, de no ser así, no se tiene la respuesta deseada. Por otra parte, Pantox y Menzel (1986) explicaron que si se hace el anillado prematuramente, se puede promover un nuevo flujo vegetativo, además sugirieron que el balance hormonal en las ramas es el causante de la iniciación floral. Esto aún no es claro ya que faltan estudios al respecto. En el caso de este trabajo, no se tiene la certeza de la edad de los brotes anillados y es importante tomar en cuenta que no se lleva a cabo la poda al término de la cosecha, práctica que ayuda a promover el crecimiento vegetativo y a homogeneizar el nuevo flujo de crecimiento.

En la literatura se menciona que el litchi requiere de varias semanas con temperaturas por debajo de los 20°C para que ocurra la iniciación floral, pero la mayoría de las

huertas en México se encuentran en zonas donde no se cumple con este requerimiento. En este estudio se registraron las temperaturas en los meses anteriores a que ocurriera la iniciación (Cuadro 4) y noviembre se presentaron en total 74 horas con temperaturas entre 12° C y 15° C y 346 horas entre 15.1 y 20° C pero sólo se presentó una semana con temperatura media menor a 20° C, que fue la del 23 al 30 de octubre, cuando con seguridad ya se había iniciado el proceso de inducción. Lo anterior tomando en cuenta que el 30 de Noviembre el 63 % de los ápices en “Mauritius” y el 90 % en “Brewster” ya estaban iniciados, lo que permite indicar que no necesariamente la temperatura es el factor determinante de la iniciación floral como lo indican (Menzel,2001 y Gazit y Stern, 2003) y que se debería continuar trabajando al respecto para definir el rango de temperaturas en el cual los cultivares de litchi pueden recibir el estímulo.

Tomando en cuenta que la época de floración está íntimamente relacionada con la cosecha y que en México ésta se presenta de la siguiente manera en las zonas de producción: primero Oaxaca, después Veracruz y finalmente en Nayarit y Sinaloa, con diferencias entre 30 y 60 días, esto nos permite suponer que la latitud (luz y temperatura) tienen efecto en la inducción e iniciación floral; sin embargo, estas observaciones de campo se deben de validar experimentalmente

Cuadro 4. Temperaturas mínimas, media y máxima, semanal en Mecapalapa, Puebla, del 17 de octubre al 30 de noviembre de 2007.

Fecha	T min	T max	T media	Hrs. < 15°C totales/mes	Hrs. 15.1°C a 20 °C totales/mes
24 de octubre de 2007	17,28	29,24	23,26		
31 de octubre de 2007	14,96	27,71	21,33	48	96
7 de noviembre de 2007	16,92	30,56	23,74		
14 de noviembre de 2007	16,98	32,27	22,47		
22 de noviembre de 2007	17,76	28,40	23,08		
30 de noviembre de 2007	16,38	22,84	19,61	26	250

En los frutales tropicales y subtropicales la inducción floral ocurre antes de que se inicie el nuevo flujo de crecimiento; en aguacate se presenta de 6 a 8 semanas antes de que ocurra la brotación. En mango un brote vegetativo pueda ser inducido de 6 a 8 semanas antes de que salga la nueva brotación vegetativa y la inflorescencia. En base a esta información se podría suponer que en litchi el proceso fuera similar y que la inducción floral pudiera haber ocurrido alrededor del mes de septiembre, aunque se carece de información para determinar el momento exacto en que esto ocurre (Díaz, 2002).

6.2 Cuantificación de flores masculinas, femeninas y totales

La inflorescencia del litchi, de acuerdo con lo observado, está constituida por un eje principal del cual salen bifurcaciones laterales. Cada ramificación de 2º y 3er orden, así como el eje principal de la inflorescencia finalizan en una flor terminal. Las inflorescencias tienen hipsofilos en la parte basal como se puede observar en el esquema presentado a continuación. El eje principal de la inflorescencia puede llegar a medir de 23 a 45 cm de longitud y tener de 6 a 18 ramificaciones secundarias (Figura 4).

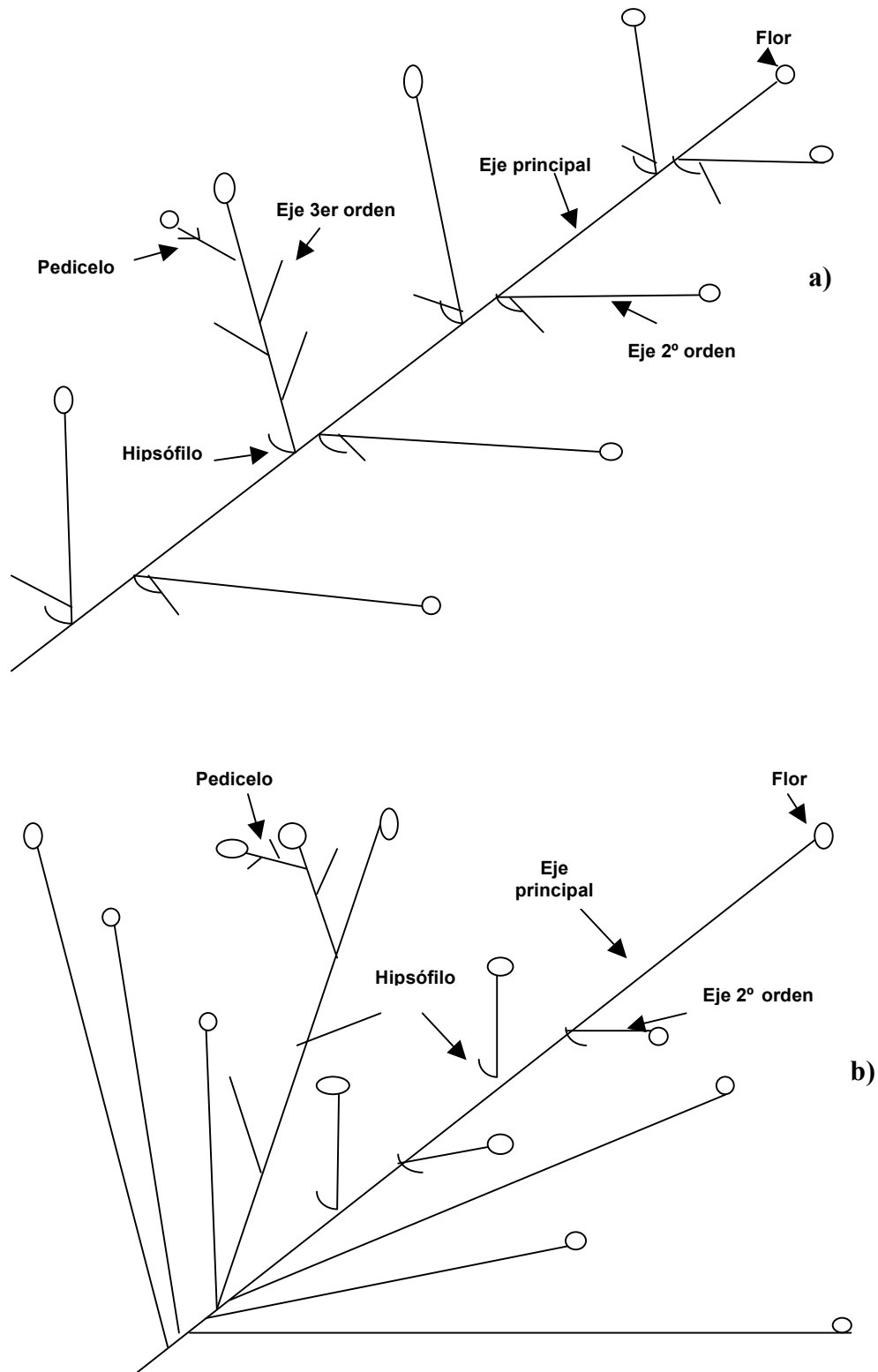


Figura 4. Esquema representativo de las inflorescencias de litchi observadas en Mecapalapa, Puebla, 2008. a) inflorescencia típica con un eje principal bien definido
 b) inflorescencia con ramificaciones basales muy desarrolladas.

La inflorescencia de litchi se encuentra conformada por tres tipos de flores. Su ubicación no es siempre la misma, pero constantemente se encuentran como se ejemplifica en la Figura 5, en donde se pueden observar las flores femeninas en grupos de 1 a 3 en la parte apical de cada escapo de segundo y tercer orden y las masculinas tanto los tipos I y III alrededor de las femeninas en grupos de 6 a 10. Esto se puede observar claramente cuando coincide la antesis de la flor femenina con alguna masculina, pero cuando solo esta la fase masculina, ya sea la tipo I y en los casos en que las tipo III no abran al mismo tiempo que las femeninas, la distribución de las flores cambia, ubicándose tanto en la parte terminal como lateral las flores masculinas. Por su parte Mustard (1960), menciona que las flores se encuentran en cimas terminadas por una flor masculina rodeada de femeninas, o terminada en una flor masculina y lateralmente masculinas también, ó con una flor masculina en la parte apical y flores laterales de distintos sexos. En acuerdo con Robertse (1995), se pueden encontrar inflorescencias en que no se siga con el patrón antes descrito.

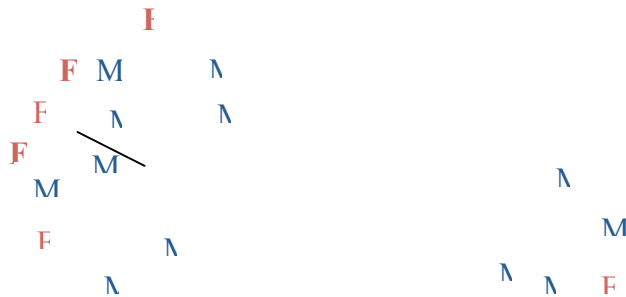


Figura 5. Ubicación de los tres tipos de flores en la inflorescencia de litchi, en Mecapalapa, Puebla. [M= tipo I y III, F= tipo II]

De acuerdo con lo que se presenta en el Cuadro 5, el número de flores de cada tipo como totales varía de acuerdo con el cultivar y tipo de flor. “Mauritius” tiene mayor número (920) y “Brewster” presenta 32 % menos. En ambos casos, la mayor cantidad de flores son del tipo III o hermafroditas, funcionalmente masculinas, seguidas del tipo I o masculinas y por último las tipo II o femeninas. En el trabajo realizado por Osuna *et al.*, (2008) en Sinaloa, el cv. Brewster presentó el mayor número de flores correspondió a las tipo I, seguidas de las tipo II y por último las tipo III.

Dado que son las flores femeninas las que potencialmente pueden producir frutos y por lo tanto, es un factor que puede influir en la productividad de cada cultivar, aun cuando en el proceso de producción existen otros factores implicados, analizaremos con más detalle este tipo. Se contaron en promedio de 10 inflorescencias de cada cultivar de 132 a 180 flores femeninas en Brewster y de 208 a 295 en Mauritius. De acuerdo con lo indicado por Stern *et al.*, (1995), encontraron entre 100 y 250 flores femeninas, se puede considerar que el número de flores femeninas que presentan ambos cultivares es adecuado, por lo que se podrían esperar buenos resultados en la producción.

Cuadro 5. Número de flores de litchi tipo I, II y III en los cvs. Brewster y Mauritius. Enero a Marzo 2008. Mecapalapa, Puebla.

Tipos de flores	(Número)	Brewster	Mauritius
Tipo I	Mínimo	175,7	256,8
	Máximo	217,7	341,3
	Media	196,7	299,1
Tipo II	Mínimo	132,7	208,3
	Máximo	180,2	295,3
	Media	156,5	251,8
Tipo III	Mínimo	237,2	321,8
	Máximo	320,2	416,8
	Media	278,7	369,3
Total	Mínimo	545,6	786,9
	Máximo	718,1	1053,4
	Media	631,9	920,2

Según lo mencionado por Menzel (2001) y Nakasone y Baten (1998), existen evidencias de que la proporción de flores masculinas y femeninas puede cambiar en un

cultivar de acuerdo con el régimen de temperaturas que se presente. Por ejemplo, comentan que si las temperaturas se incrementan de 15/10 ° C a 30/25° C después de la emergencia de la panícula y antes de la antesis, hay reducción en el número de flores femeninas y se incrementan las flores masculinas. En Mecapalapa, Puebla, en este periodo entre los meses de enero y febrero las temperaturas medias oscilaron entre los 15°C y 26°. Pero se alcanzaron temperaturas máximas de hasta 34°C (Cuadro 6) en la primera semana de febrero, lo que podría estar afectando la proporción de flores femeninas de Brewster principalmente, que abren hasta la primera semana de marzo, pero también podrían influir en la proporción de flores femeninas en Mauritius, ya que su apertura se da en la tercera semana de febrero. Este aspecto se debe validar experimentalmente, haciendo las observaciones correspondientes.

Cuadro 6. Temperaturas promedio semanales mínimas, medias y máximas, del 1 de enero al 29 de marzo de 2008. Mecapalapa, Puebla.

Fecha por semana	Temperatura °C			
	Mínima	Máxima	Media	Horas por mes >20° C
07-01-08	9.58	21.20	15.39	
01-14-08	16.59	26.63	21.61	
01-21-08	14.02	19.59	16.81	
01-31-08	15.95	31.28	23.62	84
02-07-08	14.90	34.31	24.61	
02-14-08	17.14	28.89	23.02	
02-21-08	18.77	32.98	25.87	
02-29-08	17.62	30.78	24.20	275

6.3 Antesis

La floración ocurre en tres fases, la primera consiste en la apertura de las flores tipo I o masculinas, en la segunda abren las flores tipo II o femeninas y por último la fase tres en donde abren las flores tipo III o hermafroditas funcionalmente masculinas, esta situación ocurre en todas las zonas productoras de litchi (Gazit y Stern, 2003, Stela *et al*, 2001, Robbertse *et al*, 1995, McConchie, 1991 y Stern *et al.*, 1995). cabe indicar que

en algunos casos, la etapa 1 no se presenta, coincidiendo con lo indicado por Gazit y Stern, (2003).

En la Figura 6 se muestran las fechas en que ocurre la antesis en ambos cultivares. En el cv. Mauritius la antesis de las flores tipo I, inicia en la tercera semana de enero y se extiende hasta la segunda semana de febrero. Las flores tipo II abren las dos últimas semanas de febrero y las del tipo III hasta la cuarta semana de febrero. En este caso la apertura de las flores tarda seis semanas, mientras que el cv. Brewster abre sus flores tipo I en la tercera semana de febrero, este proceso dura alrededor de dos semanas. La segunda fase ocurre con la antesis de las flores tipo II durante la primera y segunda semana de marzo hasta ser polinizadas o caer y le sigue la tercera fase, la cual consiste en la aparición de las flores tipo III, en la cuarta semana de febrero y la primera de marzo con duración aproximada de 8 días. Como se puede ver, el periodo de floración de ambos cultivares es diferente, mientras que en Mauritius dura aproximadamente 6 semanas en Brewster solo tarda cuatro semanas.

Esto tiene numerosas implicaciones que influyen al final en la producción de la huerta. A pesar de que árboles del mismo cultivar son capaces de polinizarse así mismos, como se puede observar en la figura 6 las posibilidades de que el evento sea exitoso se reducirían si solo se tiene un cultivar en la plantación, por esta razón que es muy importante que se alternen los cultivares, para favorecer la polinización. El cv. Brewster, que es el primero en la ilustración, presenta 2 días de traslape entre las flores tipo I y II, mientras que para las tipo II y III se tienen alrededor de 7. En cuanto al cv. Mauritius la fase I y la fase II no coincide, por lo que en el caso de que solo se tuviera este cultivar, las flores tipo II solo contarían con 4 días para ser polinizadas por las flores tipo. Durante la floración pueden existir dos periodos de coincidencia entre la fase femenina y las masculinas, cada uno con duración de 1 a 3 días (Gazit y Stern, 2003). Entre cultivares ocurren diferentes grados de coincidencia entre las floraciones femenina y masculina, tanto de las flores tipo I y como las del III. Por ejemplo, ocurre una coincidencia parcial entre la floración femenina del cv. Mauritius y la Masculina del cv. Floridian y sobreposición completa de la fase femenina del cv. Floridian con la tipo III del cv. Mauritius (Stern *et al.*, 1995). En la huerta de estudio el cv. Mauritius es el que se ve más favorecido por el traslape de fases, no solo con el mismo sino con el cv.

Brewster, incrementando sus posibilidades de polinización, por esta razón es aconsejable tener dos cultivares en la misma huerta, además se incrementa el periodo de cosecha, aspecto positivo para la unidad de producción.

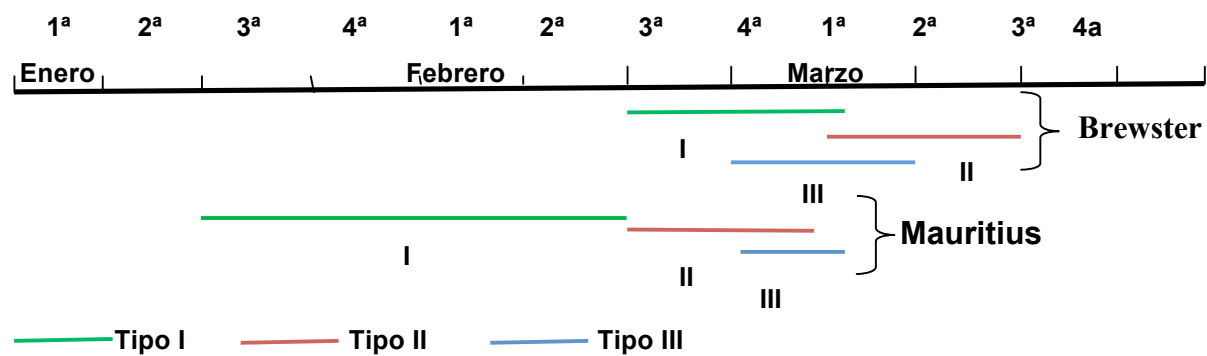


Figura 6. Periodo de antesis de los distintos tipos de flores de litchi en los cvs Brewster y Mauritius. Mecapalapa, Puebla. 2008.

No solo el periodo de coincidencia de fases es importante, sino también lo es el momento en que ocurre. En trabajos realizados por Gazit y Stern (2003) y McConchie y Baten (1991) se determinó que la fertilidad de las flores tipo II o femeninas varia de acuerdo con el cultivar y la edad. En el cv. Mauritius las flores funcionalmente femeninas (tipo II) de 5 a 15 días después de que inició la antesis fueron más fértiles y en el cv. Brewster a partir del tercer día del inicio de la apertura floral del tipo II. Si a esto le agregamos que el estigma es receptivo solo 72 horas y las anteras son viables de 1 a 3 días de ocurrida la antesis (Nakasone y Paul, 1998), las posibilidades de que se lleve a cabo la polinización se reducen. Esto confirma la necesidad de tener dos cultivares donde la antesis de flores tipo II y III coincidan.

Aun cuando existen dos fuentes potenciales de polen, el procedente de las flores tipo I y el de las tipo III, existen diferencias en la viabilidad del mismo, ya que el polen de las tipo III es mas viable, lo que cobra importancia al analizar el momento en que abre cada tipo de flor. Según Stern *et al.*, (1998), la mayor viabilidad del polen tipo III se debe a la cantidad superior de azúcares con que cuenta, con respecto al de las flores tipo I. Dicho esto, al relacionarlo con lo obtenido en el presente trabajo, se puede observar claramente como las flores tipo I del cv. Mauritius se encuentran en momento de mayor

fertilidad para ser polinizadas por las tipo III de ambos cultivares; mientras que, en el cv. Brewster, solo pudieron ser polinizadas las primeras flores en abrir, lo que se refleja en la caída de flores una semana después, al no ser polinizadas. El polen procedente de las flores tipo I quedó fuera del alcance de las flores femeninas del cv. Brewster, sin embargo pudo polinizar a las femeninas del cv. Mauritius.

Como se mencionó anteriormente las flores tipo III son más ricas en cuanto al contenido de azúcares, además también tienen mayores reservas de néctar, lo que las hace más atractivas a los principales polinizadores del litchi, que son las abejas, por lo que se sienten más atraídas a este tipo de flores y se incrementa la polinización en este periodo.

De acuerdo a lo que se muestra en la Figura 7, la antesis en el cv. Brewster ocurre desde la 3ª semana de febrero hasta la 2ª semana de marzo y en el cv. Mauritius desde la 3ª semana de enero hasta finalizar febrero. En la figura 6 se presentan los valores de temperatura que comprende ese periodo y se puede observar que la temperatura osciló entre los 17°C a los 27°C, que en general es adecuada para los distintos eventos que se llevan a cabo en este periodo, y la humedad relativa se encontró entre el 50 y 100 %. Más adelante se discutirá a detalle cada uno de ellos.

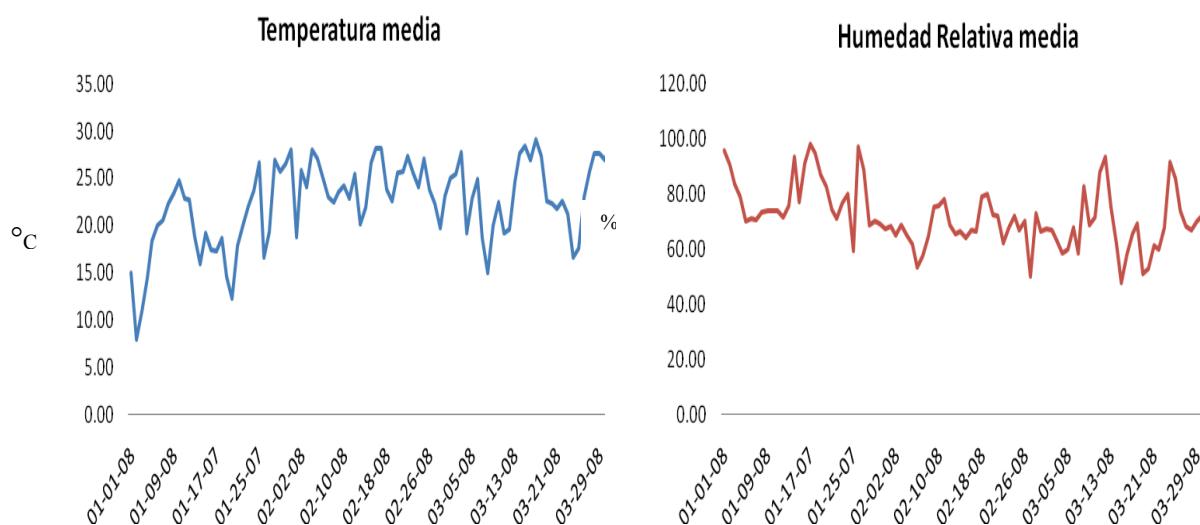


Figura 7. Temperatura y humedad relativa medias en el periodo de floración, de enero a marzo del 2008 en Mecapalapa, Puebla.

Además de la temperatura media, también son importantes las mínimas y máximas registradas durante este periodo, ya que cuando las temperaturas son elevadas la actividad de las abejas disminuye, de igual forma, cuando hay lluvia constante. De acuerdo con Nakasone y Paul (1998), temperaturas de 32/27° C afectan el crecimiento del tubo polínico, debido a que no alcanza a llegar al óvulo, y con temperaturas consideradas para este cultivo como frías, (17/12°C), solo alcanzan al 35 % de los óvulos, por lo que considera al intervalo de 19 a 22 °C como óptimo, en donde todo el proceso de polinización ocurre de 5 a 7 días. En base a la información generada por Stern *et al.*, (1998), se considera que las altas temperaturas (27-32° C durante el día y 22-27° C durante la noche) tienen efecto negativo en la viabilidad del polen y la normalidad del gineceo. En base a esta información y a las temperaturas que se presentaron en Mecapalapa, Puebla, se excede hasta por 4°C en la temperatura media al considerado óptimo para la polinización y se alcanzaron niveles críticos al presentarse las temperaturas máximas de 34.3 °C (Cuadro 7). El que se presenten estas temperaturas, puede ser un factor negativo que influya en el mantenimiento de la calidad de las estructuras reproductivas de los diferentes tipos de flores, así como la viabilidad de los granos de polen y la actividad de los polinizadores. Aun cuando el proceso no ocurrió con éxito en todos los casos, si se logró la polinización de alrededor del 15% de las flores, lo que indica que las temperaturas registradas en Mecapalapa, Pue. No tuvieron influencia negativa en la polinización. Ya que las condiciones climáticas son favorables, en caso de que esta situación fuera similar en los siguientes años, se podrían mejorar las prácticas de manejo para aprovechar esta condición y mejorar la producción.

Cuadro 7. Temperaturas promedio semanales mínimas, medias, máximas y número de horas con temperaturas mayores a 22° C del 1 de enero al 31 de marzo de 2008.

Mecapalapa, Puebla.

Fecha por semana	Temperatura °C				
	Mínima	Máxima	Media	Total hrs. por mes 22-26°C	Total hrs. por mes 26.1-34°C
01-07-08	9,58	21,20	15,39		
01-14-08	16,59	26,63	21,61		
01-21-08	14,02	19,59	16,81		
01-31-08	15,95	31,28	23,62	30	54
02-07-08	14,90	34,31	24,61		
02-14-08	17,14	28,89	23,02		
02-21-08	18,77	32,98	25,87		
02-29-08	17,62	30,78	24,20	129	146
03-07-08	16,97	29,93	23,45		
03-14-08	16,15	26,36	21,26		
03-21-08	18,17	32,97	25,57		
03-31-08	18,17	29,54	23,85	134	174

6.4 Caída de frutos

En las Figuras 8 y 9 se muestra la dinámica de caída de frutos en ambos cultivares durante su desarrollo. El mayor porcentaje de caída en el cv. Mauritius se presentó la primera semana de observación (del 1 al 7 de marzo), alrededor de la 4ª semana de iniciada la antesis. El cv. Brewster tuvo dos caídas importantes durante la primera y segunda semana de iniciadas las observaciones (1º al 7 de marzo y del 14 al 21 de marzo), que corresponde a la cuarta y quinta semana de inicio de la apertura de flores femeninas. Después de esas caídas, en Mauritius solo hubo dos; el 14 y el 31 de marzo, entre ambos el porcentaje fue de 10 %. A partir de esa fecha no hubo caída de frutos, mientras que en Brewster sólo hubo otra caída el 7 de abril que fue de 2%. De acuerdo a Stern *et al.*, (1995), hay dos caídas de frutos importantes. La primera al final de la cuarta semana después de que ocurrió la antesis, en donde permanece solo el 5-10% del número inicial de flores femeninas y se han desarrollado como pequeños frutos

y una semana después inicia el segundo periodo. Todos los frutos que caen en este momento contienen cubierta seminal completamente desarrollada y un embrión, el cual puede ser normal o abortivo y pesa de 2 a 6 gramos.

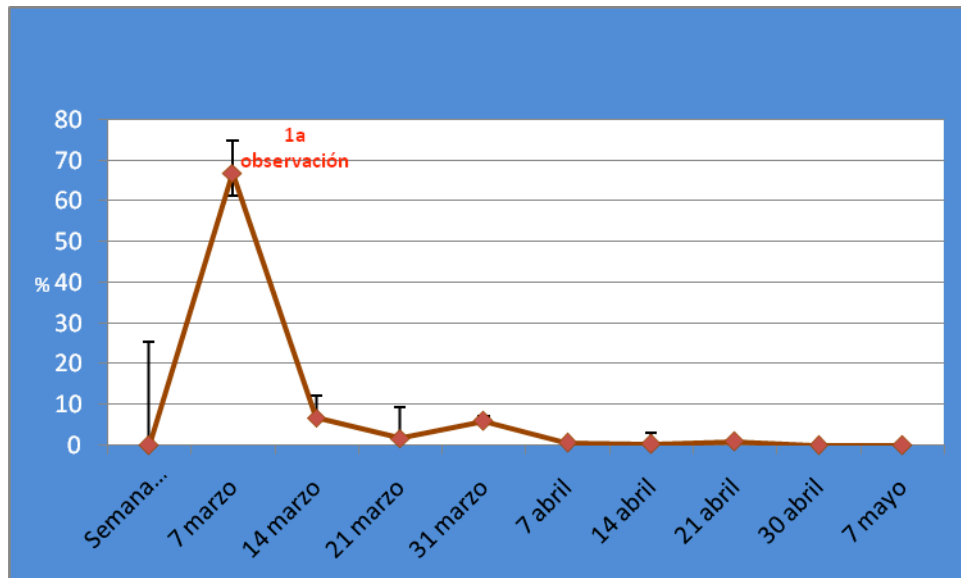


Figura 8. Dinámica de caída de frutos cv. Mauritius, Mecapalapa, Puebla. 2008.

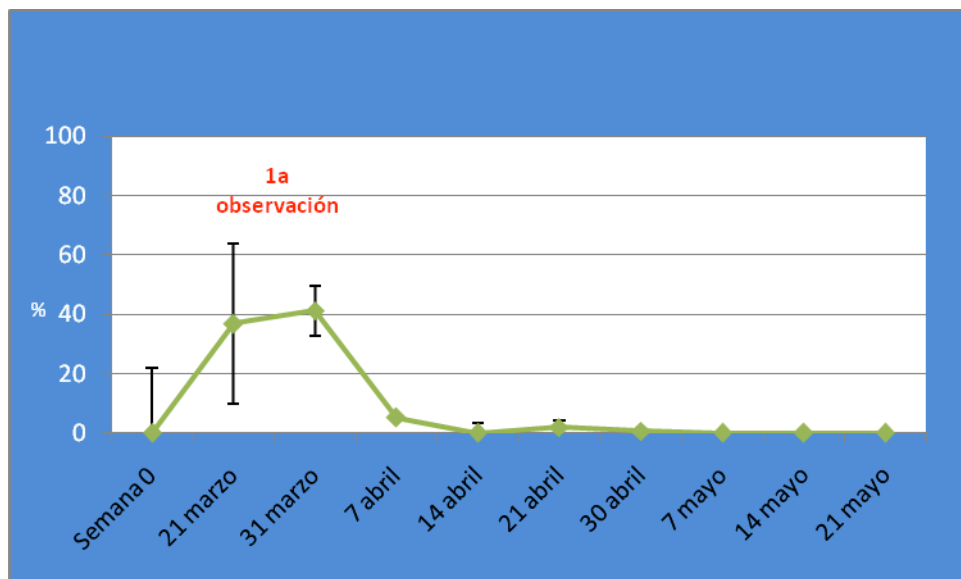


Figura 9. Dinámica de caída de frutos, cv. Brester, Mecapalapa, Puebla. 2008

En el Cuadro 8 se observa que el número inicial de frutos por infrutescencia en Brewster fue de 2 hasta 43, lo que pone en evidencia la heterogeneidad que existe

entre infrutescencias del mismo cultivar. Mientras que en Mauritius fue de 17 hasta 50, con lo que queda claro que en este cultivar el porcentaje de amarre inicial es mayor. El amarre final es más favorable para el cv. Mauritius, ya que del total de frutos presentes al inicio el 17% logró culminar con su desarrollo mientras que en Brewster sólo el 11% llegó al momento de la cosecha. En otros trabajos del número total de flores femeninas, solo del 5 al 10 % lograron permanecer hasta el final como frutos (Stern *et al.*, 1995 y Gazit y Stern, 2003), lo que indica que la caída de frutos es un problema de mucha importancia en el litchi.

Cuadro 8. Número de frutos iniciales, finales y porcentaje de amarre en los cvs Brewster y Mauritius. Mecapalapa, Puebla. 2008.

Cultivar	Num. Inicial	Num. Final	Amarre %
Brewster	6	0	0
	15	0	0
	28	6	21
	51	4	8
	9	4	44
	15	1	7
	43	0	0
	2	0	0
	2	0	0
	16	4	25
Promedio	19	2	11
Mauritius	39	0	0
	46	6	13
	39	0	0
	50	0	0
	40	7	18
	23	6	26
	17	15	88
	23	6	26
	27	0	0
	29	1	3
Promedio	33	4	17

El proceso que marca la transición del ovario de la flor a fruto en desarrollo se denomina cuajado o amarre (Agusti, 2004). La división celular disminuye inmediatamente después de que se produce la antesis y se vuelve a activar cuando se ocurre la fecundación del óvulo (Azcon-Bieto y Talon, 1993). Este paso supone la

iniciación de un crecimiento rápido de los tejidos del ovario y si dicho crecimiento no se inicia o cesa, el ovario se desprende y por lo tanto el futuro fruto cae. La mitosis es un proceso exigente de energía y es durante la fase de crecimiento exponencial de los frutos donde se requiere mayor cantidad, por lo que el aporte de carbohidratos al fruto en desarrollo resulta crucial, ya que si la planta no es capaz de satisfacer dicha necesidad se dará la abscisión del fruto. La abscisión se produce en zonas predeterminadas denominadas capas de abscisión. En los frutos recién cuajados, la separación se produce en la zona de unión del tallo con el pedúnculo y con el tiempo esta zona se traslada al punto de unión del cáliz con el fruto (Agusti, 2004). El proceso de abscisión comprende en una serie de pasos la ruptura de las paredes celulares de la capa de separación e involucra la participación de enzimas como la celulasa y la pectinasa, cuya actividad es catalizada por la presencia de etileno, que actúa al aumentar su síntesis y secreción una vez que las paredes se han debilitado lo suficiente por la actividad de estas hidrolasas, se concluye con la ruptura y la separación del fruto (Azcon-Bieto y Talon, 1993).

A la primera caída en la mayoría de los frutales, dado que se debe a razones fisiológicas se le denomina caída fisiológica (Agusti, 2004). En general se atribuye a problemas en la polinización, los cuales han sido mencionados con anterioridad y la segunda a la disminución en el nivel de auxinas. En un estudio realizado por Chen *et al.*, (2001), observaron que en litchi el ácido indolacético (AIA) y las giberelinas (GA) alcanzan sus niveles más altos 7 días después de iniciada la antesis de las flores femeninas y a partir de ahí declinan. Posteriormente, cuando se da el crecimiento acelerado del fruto estos niveles vuelven a aumentar. En embriones abortados se encontraron los valores más bajos de AIA y GA. Rongcai y Huibai (1988) por su parte, mencionan que existen tres momentos en que este nivel declina, el primero después de la fertilización, el segundo durante las primeras etapas del desarrollo del endospermo y la tercera al inicio del desarrollo del embrión.

Las auxinas participan en la biosíntesis del etileno, ya que al existir concentraciones altas de auxinas, disminuye la vida media de la enzima ACC sintasa, lo que evita la producción de ACC (ácido-1-aminociclopropano-1-carboxílico), el cual es el precursor metabólico inmediato del etileno (Azcon – Bieto y Talón, 1993). De ahí que se hayan

hecho diversos estudios con auxinas para disminuir la caída de frutos. Stern *et al.*, (1995), aplicó la auxina 2,4,5-TP (100 mgL⁻¹) a la semana de iniciada la antesis, incrementó la retención de fruto de 78 % a 98 % pero la fruta fue de mala calidad, pero cuando se aplicó cuatro semanas después, el amarre incrementó 70%, y la fruta fue de buena calidad y el peso no se afectó al manejarse dos concentraciones (100 mgL⁻¹ o 400 mgL⁻¹). Por otro lado, también se ha intentado disminuir la caída de frutos con la aplicación de giberelinas. Tal es el caso del trabajo realizado por Tomer (2001), en donde asperjó ácido giberélico (50 mgL⁻¹) y no obtuvo ningún efecto consistente en la disminución de la caída de frutos. Los autores no indican las posibles causas de las respuestas obtenidas, que pueden estar relacionadas con la época de aplicación.

6.5 Características del fruto

Tanto el peso total del fruto, así como de sus partes en ambos cultivares, a excepción del peso de pulpa fue diferente estadísticamente (Cuadro 9) de acuerdo a la comparación de medias realizada el cv. Mauritius es superior. De acuerdo a la literatura los frutos de Brewster llegan a pesar de 20 a 26 g y de Mauritius de 22 a 26 g (Menzel, 2002 y Galan, 1990), por lo que los frutos en Mecapala, Pue. no alcanzaron el peso señalado, debido a que la producción es de temporal y este aspecto puede afectar el desarrollo del fruto dado que entre abril y mayo se presenta el periodo de sequía.

Cuadro 9. Comparación de medias de pesos correspondientes al peso de pulpa, cáscara, semilla y total en frutos de litchi cvs. Brewster y Mauritius. Mecapalapa, Puebla. 2008.

Cultivar	Peso fruto (g)	Peso pulpa (g)	Peso cáscara (g)	Peso semilla (g)
“Mauritius”	17.10 a	11.11 a	2.77 a	2.44 a
“Brewster”	15.99 b	10.96 a	2.51 b	1.95 b
	DMSH= 0.7189	DMSH= 0.4020	DMSH= 0.1285	DMSH= 0.3827
	Error= 10.00	Error= 3.13	Error= 0.32	Error= 2.84

DMSH= diferencia mínima significativa honesta

En la Figura 10 se presentan los porcentajes correspondientes a la pulpa, semilla y cascara de cada cultivar. En este sentido, el cv. Brewster tiene mayor porcentaje de pulpa, con 69 %, la semilla representa alrededor del 14 % y la cáscara del 16 %. Por

su parte el cv. Mauritius tiene menor contenido de pulpa 65 %, lo que se refleja en porcentajes de cáscara y semillas del 17 % y 15 % respectivamente. El cv. Brewster tiene mayor porcentaje de semillas rudimentarias, estas fueron consideradas así porque su peso oscila entre lo 0.20 a 0.98 gramos, comparadas con las semillas normales cuyo peso está en un rango de 1 a 6 gramos. De acuerdo a información distribuida por el INIFAP San Luis Potosí, “Mauritius” presenta 64 % de pulpa, 18 % de cáscara y 18 % de semilla. Estos datos son similares a los obtenidos en esta investigación. Sin embargo para “Brewster” indican que tiene 55 % pulpa, 24 % cáscara y 21 % semilla. En nuestro caso el porcentaje de pulpa fue mayor. En consecuencia, semilla y cáscara fueron menores que en San Luis Potosí. Este aspecto es importante porque muestra el efecto del ambiente en el desarrollo de las diversas partes del fruto.

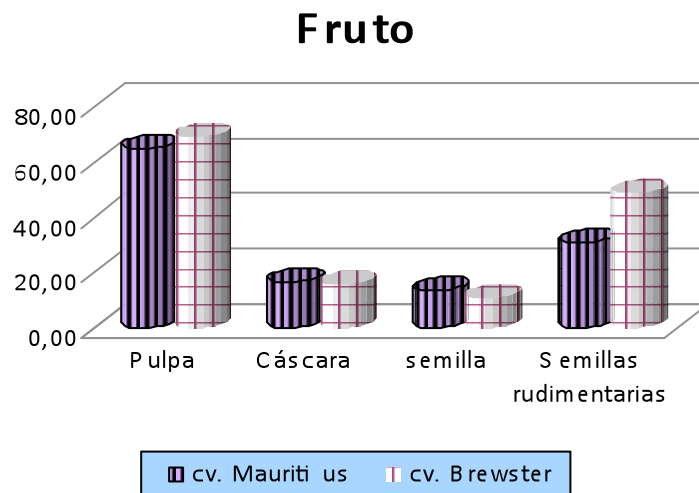


Figura 10. Porcentaje de pulpa, cáscara y semilla en frutos de de los cvs. Brewster y Mauritius, así como , el porcentaje de semillas rudimentarias en ambos cvs. Mecapalapa, Puebla. 2008.

La proporción de semillas pequeñas (rudimentarias) y normales es diferente dependiendo del cultivar, así como el tiempo que tomo el desarrollo del embrión y la semilla (Xiang *et al.*, 2001), por ejemplo, el cv. Brewster ha presentado hasta el 80 % de semillas rudimentarias (Menzel, 2002). El desarrollo del embrión es una de las características más importantes que determinan la producción y la calidad en litchi. Se

considera que existen tres tipos de desarrollo embrionario entre cultivares de litchi: normal, abortivo y parcialmente abortivo. Lu (2001) menciona que esto podría deberse principalmente a el balance entre inhibidores y promotores del crecimiento, pues encontró que en embriones normales, la concentración de promotores incrementa a la vez que disminuye la de los inhibidores. En los embriones abortivos los promotores estan en su nivel más bajo y la concentración de inhibidores se encuentra en su pico mas alto en etapas tempranas del desarrollo del embrión. En embriones parcialmente abortivos la concentración de promotores incrementa rapidamente después de la fertilización. En longan se han hecho selecciones de cultivares con semilla abortiva, ya que se considera que producen frutos más grandes, arilo grueso, calidad superior y altos rendimientos, aunque en algunos casos se producen frutos pequeños pero se atribuye a mal manejo de fertilización,, riego y falta de raleo de frutos (Jinson *et al.*, 2001).

7. CONCLUSIONES

- De acuerdo al estudio anatómico realizado, la iniciación floral del litchi cvs. Mauritius y Brewster, en Mecapalapa, Puebla, ocurre entre el 1° de Noviembre y el 30 del mismo mes.
- La iniciación floral ocurre primero en Mauritius.
- El anillado no influye en la iniciación floral de los cvs. Brewster y Mauritius.
- Las inflorescencias en Mauritius aparecen a principios de enero y en Brewster a finales del mismo mes.
- El periodo de floración del cv. Mauritius es de 6 semanas, mientras que en Brewster es de 4 semanas.
- La antesis de flores tipo II (femeninas) en Mauritius ocurre del 15 al 28 de febrero y el cv. Brewster de 1° al 15 de marzo.
- El periodo de traslape de Brewster es de 2 días (tipo I y II) y 7 días (tipo II y III) y de Mauritius 4 días (sólo tipo II y III).
- Para mejorar la polinización es preferible intercalar dos cultivares para incrementar el periodo de coincidencia entre fases al existir dos fuentes de polen.
- La mayor caída de frutos en Mauritius ocurre el 7 de marzo y en Brewster el 21 y 29 del mismo mes.

8. GLOSARIO

Anátropo: Dícese del rudimento seminal que, girando 180° sobre su base, se invierte de tal manera que el micrópilo viene a situarse junto al hilo, región opuesta a la cálaza o chalaza, y aparece la rafe que contiene al tejido entrante.

Bífido: Con dos protuberancias alargadas y delgadas.

Bifurcado: Término usual muy empleado en botánica para referirse a órganos diversos cuya forma es ahorquillada.

Bitegmentado: Con dos tegumentos.

Dicasio: Dícese de la inflorescencia cimosa, que termina en una flor, suele presentar dos ramificaciones laterales, que también terminan en flor.

Esclereida: Cualquier célula que presenta pared engrosada y lignificada. Las esclereidas forman parte del sistema fundamental de tejidos vegetales.

Obturador: Excrecencia de tejidos generalmente placentario de tipo parenquimático, que, surgiendo del punto de arranque del funículo, recubre completamente el micrópilo obturándolo.

Primordio: Estado todavía rudimentario, de un órgano que empieza a formarse y que eventualmente crecerá y se desarrollará hasta madurar alcanzando un estado adulto.

Septo: Tabique o pared interna del ovario que divide completamente su cavidad en varios huecos ó lóculos donde se localizan los óvulos.

9. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Agusti, M. 2004. Fruticultura. Ed. Mundi-Prensa. España. 494 p.
- Azcon-Bieto, J., y M. Talon. 1993. Fisiología y bioquímica vegetal. Ed. MacGraw-Hill. España. 581p.
- Almaguer. V. G. 1998. Principios de Fruticultura. Ed. Mundi-Prensa. México. 370 p.
- Castillo, G. A., M. 1996. Fluctuación anual de carbohidratos y nutrimentos en relación al amarre de frutos de Aguacate (*Persea americana* Mill) cv. Colin V-33. 1996. Tesis de Doctor en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México. 137 p.
- Chen. W., and X. Lu. 2001. Endogenous hormones in relation to embryo development in litchi. *Acta Horticulturae* 558:247:249.
- Degani, C., A. Beiles, R. El-Bastri, and S. Gazit. 1995. Pollen parent effect on the selective abscission of Mauritius and Floridian Lychee fruitless. *Journal of the American Society of Horticulture Science* 120:523-526.
- Díaz, M. D. 2002. Fisiología de Árboles Frutales. AGT Editor. México. 390 p.
- Galan, S.V. 1990. Los frutales tropicales en los subtrópicos: Agucate, Mango, Litchi y Longan. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 133 p.
- García, P. E. and A. Martins. 2006. Flowering and fruiting of lychee trees in response to girdling of branches. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 28:14-17.
- Gazit, S. and R. Stern. 2003. The reproductive biology of the lychee. *Horticultural Reviews*. 28:393-453.

- Jinson, H., X. Xiudan, Z. Shaoquan, and X. Jiahui. 2001. Selection for aborted-seeded longan cultivars. *Acta Horticulturae*. 558:115-118.
- Johansen, D. A. 1940. *Plan Microtechnique*. Ed. MacGraw-Hill. Estados Unidos. 523 p.
- Li, Y.C., R. Rao, and T. Qi Zeng. 2001. Nitrogen, flowering and production of lychee in Florida. *Acta Horticulturae*. 558: 221-223.
- Lu, L. 2001. A review of embryo development in litchi. *Acta Horticulturae*. 558:241:242.
- McConchie, C. A. and D. Batten. 1991. Fruit set in Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). Variation between flowers, panicles and trees. *Austr. J. Agric. Res.* 42:1163-72.
- Menzel, C. M. and D. Simpson. 1991. Effects of temperature and leaf water stress on panicle and flower development of litchi. *Journal American Society of Horticulture*. 66:335-344.
- Menzel, C. M. 2001. The physiology of growth and cropping in lychee. *Acta Horticulturae*. 558: 175-183.
- Menzel, C. M. 2002. The lychee crop in Asia and the Pacific Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand. FAO. 128 p.
- Mitra, S. K. and D. Sanyal. 2001. Effect of cincturing and chemicals on flowering of litchi. *Acta Horticulturae*. 558:243-246.

- Moncur, M. W. 1988. Floral Development on Tropical and Subtropical Fruit and Nut Species. CSIRO. Australia. 181 p.
- Mustard, M. J. 1960. Megagametophytes of the lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) American Society of Horticultural Science. 75:292-304.
- Nakasone, H. Y. and R. Paul. 1998. Tropical Fruits. CAB International. USA. 445 p.
- Naphrom, D. and S. Subhadrabandu. 2001. Changes in cytokinin and giberellin-like substances in stem apex of lychee cv. Hong Huay prior to flowering. Acta Horticulturae. 558:199-203.
- Osuna, E. T., G. Valenzuela, R. Muy, B. Gardea, y R. Villareal. 2008. Expresión del sexo y anatomía floral del litchi (*Litchi chinensis* Sonn). Revista Fitotecnia Mexicana. 3:51-56.
- Osuna, E. T. 1982. Estudio de la diferenciación floral y la expresión de la dicogamia en la variedad fuerte de aguacate (*Persea americana* Mill) en la región de Atlixco, Puebla. Tesis de Maestro en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México. 89 p.
- Osuna. E. T., M. Engleman, R. Becerril, M. Vázquez, H. Soto y M. Castillo. 2000. Iniciación y diferenciación floral en mango "Manila". Agrociencia. 34: 573-581.
- Pantox, B. and C. Menzel. 1986. The effect of cincturing at different stages of vegetative flush maturity on the flowering of litchi. Journal of Horticultural Science. 61:135-139.
- Qi Zheng, T., L. Davenport, and Y. Li. 2001. Stem age, winter temperature and flowering of lychee in South Florida. Acta Horticulturae. 558:237-240.

Qui, J., X. Lu, and D. Wu. 2001. Regulation of flower bud differentiation in logan. 2001. *Acta Horticulturae*. 558: 225-229.

Ramburn, N. 2001. Effects of girdling and growth retardants on flowering and fruiting of litchi in Mauritius. *Acta Horticulturae*. 558: 229-231.

Robbertse, H., M. Steyn, and J. Fivaz. 1995. A reevaluation of tree model, inflorescence morphology and sex ratio in lychee. *Journal American Society of Horticulture*. 120:914-920.

Rongcai, Y., and H. Huibai. 1988. Litchi fruit abscission: its patterns, effect of shading and relation to endogenous abscisic acid. *Scientia Horticulturae*. 36:281-292.

SIACON-SAGARPA. 2006

Stela, R., A. Sartori, and L. Chamhum. 2001. Morphological and anatomical development of the litchi fruit (*Litchi chinensis* Sonn. Cv. Brewster). *Fruits*. 56:225-233.

Stern, R., M. Meron, A. Naor, R. Wallach, B. Bravo, and S. Gazit. 1998. Effect of fall irrigation level in "Mauritius" and "Floridian" lychee on soil and plant water status, flowering intensity, and yield. *Journal American Society of Horticulture*. 123:150-155.

Stern, R., M. and S. Gazit. 1998. Pollen Viability in Lychee. *Journal American Society of Horticulture*. 123:41-46.

Stern, R. M., J. Kigel, E. Tomer, and S. Gazit,. 1995. Mauritius Lychee fruit development and reduced abscission after treatment with the auxin 2,4,5-TP. *Journal American Society of Horticulture*. 120:65-70.

Stern, R. M., and S. Gazit. 1996. Lychee pollination by the honeybee. *Journal American Society of Horticulture*. 121:6-168.

Sivori, E. M. 1980. *Fisiología Vegetal. Hemisferio Sur. Argentina*. 599 p.

Subhadrabanchu S., and C. Yapwattanaphun. 2001. Regulation off-season flowering of logan in Thailand. *Acta Horticulturae*. 558:193-197.

Tomer, E.I., E. Zipori, M.Goren, S. Shooker, M. Ripa, and Y. Foux. 2001. Delaying the ripening of Mauritius Litchi fruit (preliminary results). *Acta Horticulturae*. 558:49-57.

Xiang, X., Ou, L., Qiu, Y., Yuan, P and Chen, J. 2001. Embryo abortion and pollen parent effects in Nuomici and Guiwei litchi. *Acta Horticulturae*. 558:257:260.

10. ANEXOS

Temperaturas a partir de las 12 de la noche, medidas cada 2 horas, que se presentaron antes y durante la iniciación floral, Mecapalapa, Puebla

Fecha	Temp. °C	HR %	Fecha	Temp. °C	HR %	Fecha	Temp. °C	HR %	Fecha	Temp. °C	HR %
19-10-08	21.71	65.40	22-10-07	24.01	85.40	25-10-07	15.62	57.50	28-10-07	20.19	72.00
	21.71	63.60		22.86	88.30		14.47	59.90		18.66	85.70
	21.33	63.40		21.71	89.90		14.47	60.10		17.14	82.50
	21.33	63.10		22.09	91.80		12.93	67.60		17.52	83.50
	17.90	70.90		23.24	89.90		17.90	61.90		15.62	90.10
	32.76	61.60		27.91	72.00		23.63	36.50		17.90	70.90
	31.93	60.30		27.91	67.70		26.73	27.90		18.28	74.40
	32.76	57.20		32.76	54.50		29.50	24.10		19.42	59.70
	32.76	55.40		29.90	66.20		31.52	24.50		19.81	63.90
	24.01	84.20		23.24	77.70		25.17	50.00		18.28	77.50
	24.40	81.00		14.47	96.10		17.52	74.50		18.28	70.00
	23.24	85.50		14.09	96.00		17.90	70.50		18.28	71.30
20-10-07	21.33	90.00	23-10-07	15.23	76.50	26-10-07	17.52	70.10	29-10-07	18.28	68.10
	22.09	84.30		13.32	90.10		14.85	77.20		18.28	66.40
	21.71	86.90		12.93	82.80		13.32	81.00		17.90	62.20
	21.33	90.00		13.70	82.80		12.93	77.40		17.52	65.80
	22.09	86.90		13.70	84.80		17.14	66.20		18.28	61.60
	22.86	86.80		16.38	59.90		21.33	40.20		19.42	59.30
	24.79	81.90		19.81	49.40		26.73	43.40		20.95	49.90
	26.34	78.20		20.95	45.30		30.71	33.60		20.95	55.90
	27.12	76.50		20.95	42.60		31.93	33.40		19.42	62.10
	25.17	80.90		17.14	70.60		26.73	53.70		17.90	76.80
	23.63	86.80		15.62	82.60		22.48	73.80		17.52	74.50
	22.48	88.30		13.32	83.80		19.04	83.40		17.14	77.60
21-10-07	22.48	88.30	24-10-07	12.16	79.50	27-10-07	16.76	84.60	30-10-07	17.90	67.80
	21.71	89.90		12.16	75.70		17.90	85.70		16.00	77.00
	21.33	90.00		10.99	78.30		17.14	87.10		14.47	85.90
	19.81	90.00		11.38	81.20		17.14	88.50		14.85	80.10
	21.33	88.30		14.09	72.90		18.28	88.40		17.14	73.40
	26.34	72.20		20.57	31.60		22.48	67.40		20.57	58.20
	27.91	66.50		24.01	26.40		26.34	53.80		24.40	47.40
	31.12	55.10		28.31	23.20		29.50	40.80		27.12	37.30
	32.76	54.80		29.10	23.40		30.31	39.80		28.70	33.90
	27.52	70.50		20.19	56.50		25.95	50.60		24.01	49.10
	25.17	80.90		14.47	77.20		23.24	66.50		17.90	76.80
	24.40	83.00		15.23	64.00		20.95	75.20		16.38	79.90
						31-10-07	15.23	83.70		29.50	28.40
							14.47	87.20		31.93	30.50
							14.47	84.80		25.17	58.30
							13.32	88.60		17.90	79.00
							16.76	85.80		16.38	83.60

21.71 56.70
25.56 43.00

Temperaturas a partir de las 12 de la noche, medidas cada 2 horas, que se presentaron antes y durante la iniciación floral, Mecapalapa, Puebla

Fecha	Temp. °C	HR %	Fecha	Temp. °C	HR %	Fecha	Temp. °C	HR %	Fecha	Temp. °C	HR %
1-11-07	15.23	87.20	4-11-07	21.33	86.90	7-11-07	19.42	87.00	10-11-07	21.33	85.60
	14.09	88.60		20.19	90.00		18.28	88.40		20.57	84.40
	13.32	88.60		18.28	90.00		17.90	87.00		18.28	88.40
	13.32	90.10		16.76	90.10		17.52	91.80		19.42	90.00
	17.90	80.60		19.42	90.00		18.66	88.40		19.81	88.40
	22.86	46.70		24.40	70.90		22.86	72.70		23.63	73.70
	27.12	45.20		28.70	54.60		22.48	73.80		27.12	61.20
	27.91	40.20		31.52	39.70		26.34	46.40		31.93	41.20
	27.12	45.80		34.43	33.10		25.17	60.50		29.50	47.20
	23.63	62.70		25.95	59.80		22.09	75.70		24.01	68.30
	21.33	77.10		22.09	75.10		19.81	84.40		22.09	76.40
	19.81	80.40		20.95	81.30		18.66	91.80		20.95	82.20
	2-11-07	19.81		80.40	5-11-07		19.42	84.50		8-11-07	18.28
19.04		82.40	17.52	84.60		17.14	90.10	17.90	88.50		
19.42		78.80	16.38	88.50		16.00	91.80	18.28	88.40		
19.81		79.60	15.62	87.10		15.23	91.80	16.38	90.10		
20.19		81.30	17.90	82.40		17.90	90.00	18.66	90.00		
22.48		73.30	23.24	65.80		22.09	73.90	23.24	66.50		
26.34		59.30	27.91	49.80		25.17	58.50	26.73	61.50		
27.91		58.20	30.31	40.90		27.91	42.20	31.12	43.00		
30.71		54.40	29.90	45.10		34.85	29.30	31.93	38.00		
25.17		72.40	24.40	69.50		25.56	57.80	24.40	67.10		
22.09	84.30	22.09	77.80	21.71	72.30	22.48	75.00				
20.19	85.60	21.33	83.20	20.19	81.30	19.42	82.30				
3-11-07	19.42	88.40	6-11-07	20.19	88.40	9-11-07	18.66	85.70	12-11-07	17.52	87.10
	20.95	88.40		18.28	88.40		17.90	88.50		16.38	87.10
	20.95	90.00		16.76	88.50		17.90	87.00		17.90	90.00
	19.42	91.80		16.38	85.80		18.28	88.40		17.52	91.80
	21.71	88.30		17.52	83.50		19.42	87.00		17.90	91.80
	23.63	76.90		22.86	64.00		22.48	71.70		22.48	74.40
	27.52	61.40		27.52	56.10		26.73	57.30		25.17	64.80
	30.71	49.30		28.31	51.50		29.50	48.90		31.12	39.80
	28.31	62.70		29.90	52.40		30.71	46.40		37.00	28.50
	24.79	74.70		24.79	69.00		25.95	64.00		26.73	60.20
	23.24	81.10		22.09	79.40		23.24	76.90		23.24	71.60
22.09	83.20	19.42	85.70	22.09	82.10	20.95	78.70				

Temperaturas a partir de las 12 de la noche, medidas cada 2 horas, que se presentaron antes y durante la iniciación floral, Mecapalapa, Puebla

Fecha	Temp. °C	HR %	Fecha	Temp. °C	HR %	Fecha	Temp. °C	HR %	Fecha	Temp. °C	HR %
13-11-07	19.81	84.40	16-11-07	15.23	90.10	19-11-07	21.33	88.30	22-11-07	22.48	91.70
	19.04	87.00		14.85	91.80		20.57	91.80		22.09	91.80
	18.28	88.40		14.47	96.10		19.42	90.00		21.33	96.20
	17.52	88.50		14.47	96.10		19.04	84.50		21.33	91.80
	19.04	88.40		14.85	93.80		19.42	82.30		22.09	88.30
	22.86	74.40		17.52	85.80		23.24	70.20		25.17	76.70
	27.91	55.80		21.71	75.10		25.95	63.40		27.12	71.60
	31.93	37.70		23.63	67.20		28.70	52.30		28.31	63.00
	29.10	45.80		22.48	72.20		27.52	56.30		24.40	73.00
	24.79	64.20		19.81	84.40		24.01	75.50		21.71	81.20
22.48	77.80	17.90	90.00	22.09	84.30	18.66	87.00				
21.33	83.20	17.14	91.80	20.95	86.90	17.90	91.80				
14-11-07	19.04	85.70	17-11-07	17.52	91.80	20-11-07	20.95	88.40	23-11-07	17.14	93.80
	17.90	84.60		17.14	93.80		20.57	91.80		16.38	91.80
	16.00	87.10		17.52	93.80		20.19	91.80		16.00	90.10
	16.76	88.50		17.52	93.80		19.81	91.80		14.85	91.80
	18.66	83.40		18.66	91.80		20.19	91.80		15.62	90.10
	23.63	69.20		22.09	75.70		24.40	73.60		16.00	88.50
	27.91	52.20		25.17	64.50		28.70	61.40		16.38	85.80
	31.12	44.40		29.10	55.10		31.93	44.00		17.90	78.20
	35.27	36.10		26.73	61.20		32.34	43.50		16.38	87.10
	24.79	71.40		22.86	76.30		25.17	70.80		16.00	90.10
23.24	79.30	21.71	83.20	23.63	84.20	15.62	93.80				
21.71	85.50	20.95	88.40	22.86	86.80	15.23	96.10				
15-11-07	22.09	84.30	18-11-07	20.57	88.40	21-11-07	22.09	88.30	24-11-07	15.23	96.10
	21.71	85.50		19.81	93.80		20.95	90.00		14.47	98.70
	20.95	90.00		20.19	90.00		19.81	91.80		15.23	96.10
	20.95	91.80		19.42	91.80		18.28	91.80		14.47	98.70
	20.57	91.80		20.57	90.00		20.19	88.40		15.23	96.10
	20.57	90.00		24.40	71.90		24.01	78.40		19.81	82.30
	20.57	90.00		26.73	63.30		27.91	62.50		23.24	69.70
	18.66	91.80		31.52	47.00		31.52	50.30		25.95	60.90
	19.04	90.00		25.56	69.80		35.70	39.50		24.01	67.90
	18.66	91.80		24.01	81.00		26.73	70.10		20.19	88.40
16.76	91.80	22.86	84.30	24.40	82.00	18.66	91.80				
16.00	91.80	21.71	85.50	23.24	88.30	19.04	93.80				

Temperaturas a partir de las 12 de la noche, medidas cada 2 horas, que se presentaron antes y durante la iniciación floral, Mecapalapa, Puebla

Fecha	Temp. °C	HR %	Fecha	Temp. °C	HR %		
25 noviembre 2007	19.04	96.10	28 noviembre 2007	15.62	98.80		
	19.04	96.10		16.00	98.80		
	19.04	96.10		15.62	98.80		
	19.04	96.10		15.62	98.80		
	19.42	93.80		16.00	98.80		
	20.19	90.00		18.28	90.00		
	24.79	76.10		21.71	78.60		
	25.17	72.90		22.86	77.70		
	22.09	83.20		23.24	81.10		
	20.19	90.00		20.19	90.00		
	19.42	90.00		19.42	93.80		
	18.66	91.80		18.66	96.10		
	26 noviembre 2007	17.52		91.80	29 noviembre 2007	17.52	96.10
		16.38		93.80		17.90	96.10
14.85		96.10	18.28	98.90			
14.47		96.10	18.66	98.90			
15.23		96.10	19.04	98.90			
16.38		91.80	22.48	84.30			
17.14		88.50	24.40	73.00			
18.66		87.00	28.31	62.70			
17.52		90.00	26.34	70.70			
17.14		93.80	23.24	85.50			
16.38		96.10	21.71	88.30			
16.38		98.80	20.95	91.80			
27 noviembre 2007		16.38	98.80	30 noviembre 2007		20.95	91.80
		16.00	98.80			20.95	93.80
	15.62	98.80	20.19		93.80		
	16.00	98.80	19.42		96.20		
	15.62	98.80	20.19		96.20		
	16.38	96.10	22.09		86.90		
	17.52	93.80	24.40		76.80		
	17.90	91.80	25.17		76.00		
	17.52	91.80	25.56		72.90		
	16.76	96.10	22.86		86.80		
	16.00	98.80	21.71		91.80		
	16.00	98.80	20.95		93.80		