



**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**  
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRICOLAS

**CAMPUS MONTECILLO**

**EDAFOLOGÍA**

**FERTILIZACIÓN CON NPK EN HUERTOS DE LITCHI (*Litchi chinensis* Sonn) EN LA REGIÓN NORTE DE OAXACA**

**RAMIRO MALDONADO PERALTA**

**TESIS**

**PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**MONTECILLOS, TEXCOCO, ESTADO DE MEXICO.**

**2011**

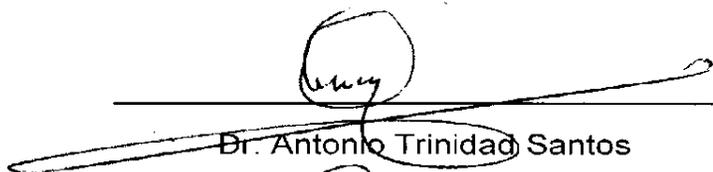
La presente tesis, titulada: **Fertilización con NPK en huertos de litchi (*Litchi chinensis* Sonn) en la región norte de Oaxaca**, realizada por el alumno: **Ramiro Maldonado Peralta**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

EDAFOLGÍA

CONSEJO PARTICULAR:

CONSEJERO:

  
Dr. Antonio Trinidad Santos

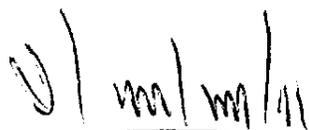
ASESOR:

  
Dr. Daniel Téliz Ortiz

ASESOR:

  
Dr. Vicente Arturo Velasco Velasco

ASESOR:

  
Dr. Víctor Hugo Volke Haller

Montecillo, Texcoco, México, Diciembre de 2011

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Colegio de Postgraduados (COLPOS) por abrirme sus puertas, acogerme en sus instalaciones durante los dos años de mi formación académica y por los conocimientos adquiridos.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por proporcionarme los medios económicos para realizar los estudios de maestría.

A Fundación Produce Oaxaca A.C. por la facilitar el apoyo económico para realizar el trabajo del experimento a través del proyecto SIFP 20-2008-0272.

Al Ing. Roberto Moreno Sada, dueño del huerto el Refugio y al Sr. Salvador Moreno dueño del huerto la Ceiba por la facilidad para trabajar en ellas.

A mi consejero Dr. Antonio Trinidad Santos, por sus valiosas sugerencias durante mi formación académica en la maestría, por sus buenos consejos durante la realización del trabajo en campo y sobre todo por su amistad y apoyo incondicional.

A mi asesor Dr. Daniel Téliz Ortiz, por sus observaciones y aportaciones al trabajo de la revisión de la tesis, pero sobre todo por sus consejos y amistad que me brindo durante mi estancia en esta institución.

A mi asesor Dr. Vicente Arturo Velasco Velasco, por su amistad y apoyo incondicional que me brinda, así como su valiosa sugerencia para realizar mis estudios de maestría y por sus aportaciones y correcciones de este documento.

A mi asesor Dr. Víctor Hugo Volke Haller, por sus observaciones y aportaciones al trabajo de campo y en la revisión de la tesis, pero sobre todo por sus consejos y amistad que me brindo durante mi estancia en esta institución.

A todo el personal del posgrado en edafología, administrativos, laboratoristas: Cintia, Guille, Diana, Francisco, Minerva, Leo, por las facilidades brindadas.

A mi hermana María de los Ángeles, por su apoyo y amistad para seguir superándome, sobre todo por sus valiosos consejos y la paciencia que supo tenerme.

Al MC. Misael por su apoyo durante el trabajo del experimento y facilidades para que se cumpliera los objetivos.

A mis amigos y compañeros: Laura Yolanda Rivera, Anel Jhanet, Daniel Gallegos, Jorge Gil Valenzuela, Humberto Ramírez, Araceli Gastelum, Rocío Aguilar, Mario Jiménez, Luis Pineda, Felipe San Juan, Cesar Jacier Tucuch por su apoyo y amistad que me brindaron, durante toda mi estancia en el colegio.

A todas las personas que me faltaron y que de alguna forma participaron y colaboraron conmigo en esta etapa de mi vida un millón de gracias.

## DEDICATORIA

A los seres que me apoyan de manera incondicional, culpables de mi desarrollo personal y profesional: **Policarpo Maldonado Altamirano** y **Georgina Peralta Parada**, son y serán la luz de mi vida.

Gracias por darme lo más valioso que tengo que es la vida, por permitirme iniciar esta etapa y más aún creer en mí y alentarme a concluirla y por ayudarme a superar obstáculos y alcanzar las metas que me he propuesto en esta vida. Con cariño para ustedes.

A mis hermanos:

**Zenaida, María de los Ángeles y Noé.**

Por el apoyo incondicional que me han dado en los momentos difíciles de la vida y para alcanzar las metas que me he propuesto, es para ustedes gracias.

Esta investigación se la dedico a mi esposa **Delfina Salinas Vargas** y a mi hijo **Jesús Maldonado Salinas** porque su amor, me mantuvo e iluminaron mi camino para contemplar mi meta gracias.

*Ramiro Maldonado Peralta*

*La meta es llegar a la cima, pero la realidad es que ahí comienzan los nuevos retos.*

## CONTENIDO

	Páginas
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>III. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	3
2.1 Generalidades del litchi ( <i>Litchi chinensis</i> Sonn) .....	3
2.2 Historia y origen .....	4
2.3 Producción mundial y nacional del litchi .....	5
3.3.1 Demanda de litchi .....	7
2.4 Ubicación taxonómica .....	8
2.4.1 Descripción botánica .....	8
2.4.2 El árbol .....	9
2.4.3 Sistema radicular .....	9
2.4.4 Hojas .....	9
2.4.5 Inflorescencia .....	10
2.4.6 Flores .....	10
2.4.7 Fruto .....	13
2.5 Manejo técnico del cultivo .....	16
2.5.1 Clima .....	16
2.5.2 Requerimientos edáficos .....	17
2.5.3 Riego .....	18
2.5.4 Sistema de propagación .....	20
2.5.5 Establecimiento de la Plantación .....	21
2.5.6 Podas .....	22
2.5.7 Anillado .....	23
2.6 Nutrición del litchi .....	24
2.6.1 Nutrientes Nitrógeno, Fósforo y Potasio .....	25
2.6.2 Calcio y magnesio .....	29
2.6.3 Micronutrientes .....	29
2.6.4 Fertilización orgánica .....	31
2.6.5 Análisis suelo y foliar .....	32
<b>III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS</b> .....	36
3.1 Objetivo general .....	36
3.2 Objetivo específico .....	36
3.3 Hipótesis general .....	36
3.4 Hipótesis específica .....	36
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	37
4.1 Localización de los ensayos experimentales .....	37
4.2 Material vegetal .....	37
4.3 Tratamientos .....	38
4.4 Diseño experimental .....	39
4.5 Colección de datos .....	40
4.5.1 Floración .....	41
4.5.2 Número de flores por racimo .....	41

4.5.3 Rendimiento de fruto .....	41
4.5.4 Tamaño, peso fresco y seco de semilla, arilo y pericarpio .....	42
4.5.3 Muestreo y análisis de suelo .....	42
4.5.5 Muestreo y análisis vegetal .....	43
4.5.5 Lecturas SPAD-502.....	44
4.5.6 Peso de brotes vegetativos. ....	44
4.5.7 Extracción nutrimental.....	45
4.5.7 Área foliar .....	45
4.6 Análisis estadísticos .....	46
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>47</b>
5.1 Precipitación y temperatura.....	47
5.1.1 San José Chiltepec.....	47
5.1.2 Nuevo Cerro Mojarra .....	48
5.3 Análisis de suelo .....	50
5.4 Análisis vegetal .....	52
5.5 Floración de copa .....	54
5.5.1 Floración de copa 2010 .....	54
5.5.2 Floración de copa 2011 .....	55
5.6 Producción de fruta .....	58
5.6.1 Producción 2010 .....	58
5.6.2 Producción 2011.....	60
5.7 Contenido de N, P y K.....	61
5.8 Mediciones SPAD-502 .....	69
5.9 Peso de brotes vegetativos .....	74
5.10 Extracción de nutrimentos .....	76
5.11 Área foliar .....	79
5.12 Relación entre el peso de brotes y nitrógeno foliar .....	82
5.13 Relación entre la lecturas SPAD y nitrógeno foliar .....	83
5.14 Relación entre el área foliar y nitrógeno foliar .....	85
5.15 Características de la fruta de litchi de “Brewster” y “Mauritius” .....	87
<b>VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>88</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>90</b>
<b>VIII. ANEXOS.....</b>	<b>109</b>
<b>CONTENIDO.....</b>	<b>i</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS .....</b>	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>iv</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>vii</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>viii</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

	Páginas
Cuadro 1. Principales productores de litchi en el mundo.....	5
Cuadro 2. Principales productores de litchi a nivel Nacional (SIAP, 2009 y 2010) .....	6
Cuadro 3. Requerimientos anuales de fertilizantes .....	26
Cuadro 4. Recomendaciones de micronutrientes en Australia....	31
Cuadro 5. Concentraciones óptimas de nutrientes de la hoja y suelo de litchi.....	33
Cuadro 6. Tratamientos, que se aplicaron a los dos huertos de litchi....	38
Cuadro 7. Análisis de suelo de litchi al inicio. ....	51
Cuadro 8. Análisis foliar de litchi al inicio .....	53
Cuadro 9. Concentración nutrimental en hojas de litchi en las dos variedades.....	62
Cuadro 10. Concentración nutrimental en hojas de litchi en las dos variedades, colectadas en octubre de 2010.....	64
Cuadro 11. Concentración nutrimental en hojas de litchi “Brewster” colectadas después de la cosecha en mayo de 2011 .....	68
Cuadro 12. Concentraciones de N, P y K en la variedad “Brewster” .....	69
Cuadro 13. Extracción nutrimental de N, P y K por los árboles de litchi de las dos variedades .....	77
Cuadro 14. Características de fruta de litchi”.....	87
Cuadro 15. Efecto de tratamientos en variables de árboles de litchi en rancho “Refugio” .....	109
Cuadro 16. Efecto de tratamientos en las variables de árboles de litchi en el rancho “Ceiba” .....	109

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Importaciones de litchi a EUA de 1998 a 2004 (Evans y Dagner, 2005) .....	7
Figura 2. Los tres tipos de flores (I). Hermafrodita con ovario abortivo (II). Femeninas con pequeños estambres (III). Masculinas (Menzel, 2002a) .....	11
Figura 3. Características del fruto (Menzel y Simpson, 1990).....	13
Figura 4. Tiempo de desarrollo del fruto de litchi de cv “Bengala” (Chamhum <i>et al.</i> , 2006c).....	15
Figura 5. Relación entre los diferentes tejidos en el fruto de litchi (Menzel y Waite, 2005) .....	16
Figura 6. Cambios en peso de la cascara, semilla, arilo y fruta fresca, en los árboles con riego y estresados. La fruta fue cosechada a las 22 semanas. (Las barras verticales indican el LSD $\alpha=0.05$ ) (Menzel <i>et al.</i> , 1995c).....	20
Figura 7. Cambios estacionales del nitrógeno foliar en litchi “Tai So” en Australia. La concentración óptima después de la emergencia de la panícula es 1.50 a 1.80% N. Menzel <i>et al.</i> (1992b).....	27
Figura 8. Las hojas para análisis de nutrientes se obtienen de justo detrás de la panoja de flores en invierno (Menzel y Waite, 2005).....	34
Figura 9. Distribución de los tratamientos en los dos huertos.....	40
Figura 10. Precipitación de los meses de noviembre del 2009 a junio 2011 de la estación del Refugio de San José Chiltepec (INIFAP, 2011) .....	47
Figura 11. Se presenta promedio de temperaturas de los meses de noviembre del 2009 a junio 2011 de la estación de San José Chiltepec, Oaxaca .....	48
Figura 12. Precipitación de los meses de noviembre del 2009 a junio 2011 de la estación de Santiago Yaveo, Nuevo Cerro Mojarra (INIFAP, 2011) .....	49

Figura 13.	Se presenta promedio de temperaturas de los meses de noviembre de 2009 a junio de 2011 del rancho la “Ceiba” en Nuevo Cerro Mojarra, Oaxaca .....	50
Figura 14.	Floración de la copa del árbol de litchi en la variedad “Brewster” en Rancho el “Refugio”, Chiltepec, Oaxaca.....	54
Figura 15.	Floración de la copa del árbol de litchi de la variedad “Mauritius” en rancho la “Ceiba”, Nuevo Cerro Mojarra, Oaxaca.....	55
Figura 16.	Floración de la copa del árbol de litchi en la variedad “Brewster” en Rancho el “Refugio”, Chiltepec, Oaxaca.....	56
Figura 17.	Floración de la copa del árbol de litchi de la variedad “Mauritius” en rancho la “Ceiba”, Nuevo Cerro Mojarra, Oaxaca.....	57
Figura 18.	Rendimiento promedio de fruta de litchi de la variedad “Brewster” en Rancho el “Refugio”, Chiltepec, Oaxaca.....	59
Figura 19.	Rendimiento promedio de fruta de litchi de la variedad “Mauritius” en rancho la “Ceiba”, Nuevo Cerro Mojarra, Oaxaca.....	59
Figura 20.	Rendimiento promedio de fruta de litchi de la variedad “Brewster” en Rancho el “Refugio”, Chiltepec, Oaxaca.....	61
Figura 21.	Lecturas de SPAD de la variedad “Brewster” en rancho el “Refugio”, Chiltepec, Oaxaca .....	70
Figura 22.	Lecturas de SPAD de la variedad “Mauritius” en rancho la “Ceiba”, Nuevo Cerro Mojarra, Oaxaca.....	71
Figura 23.	Color de hojas en litchi al año de aplicación de los tratamientos del rancho el “Refugio”, Chiltepec .....	72
Figura 24.	Color de hojas en Litchi al año de aplicación de los tratamientos del rancho la “Ceiba”, Nuevo Cerro Mojarra .....	72
Figura 25.	Peso de brotes vegetativos de la variedad “Brewster” en el rancho el “Refugio”, Chiltepec, Oaxaca .....	74
Figura 26.	Peso de brotes vegetativos de la variedad “Maurituis” en el rancho el “Ceiba”, Nuevo Cerro Mojarra, Oaxaca .....	75

Figura 27.	Área foliar de árbol de litchi de la variedad “Brewster” en el rancho el “Refugio”, Chiltepec, Oaxaca .....	79
Figura 28.	Área foliar de árbol de litchi de la variedad “Mauritius” en el rancho el “Ceiba”, Nuevo Cerro Mojarra, Oaxaca .....	80
Figura 29.	Relación entre el peso de brotes de litchi y la concentración foliar de nitrógeno en la variedad “Brewster” en el rancho el “Refugio”, Chiltepec, Oaxaca .....	82
Figura 30.	Relación entre el peso de brotes de litchi y la concentración foliar de nitrógeno en la variedad “Mauritius” en el rancho el “Ceiba”, Nuevo Cerro Mojarra, Oaxaca.....	83
Figura 31.	Relación entre lecturas SPAD y las concentraciones foliar de nitrógeno en la variedad “Brewster” en el rancho el “Refugio”, Chiltepec, Oaxaca .....	84
Figura 32.	Relación entre lecturas SPAD y las concentraciones foliar de nitrógeno en la variedad “Mauritius” en el rancho el “Ceiba”, Nuevo Cerro Mojarra, Oaxaca.....	84
Figura 33.	Relación entre área foliar y las concentraciones foliar de nitrógeno en la variedad “Brewster” en el rancho el “Refugio”, Chiltepec, Oaxaca .....	85
Figura 34.	Relación entre área foliar y las concentraciones foliar de nitrógeno en la variedad “Mauritius” en el rancho el “Ceiba”, Nuevo Cerro Mojarra, Oaxaca .....	86

# Fertilización con NPK en huertos de litchi (*Litchi chinensis* Sonn) en la región norte de Oaxaca

Ramiro Maldonado Peralta

## RESUMEN

### Colegio de Postgraduados 2011

El Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) es una especie que durante el periodo de floración a maduración existen varios factores que afectan el rendimiento de la fruta, siendo la nutrición uno de los principales. El objetivo fue evaluar el estado nutrimental y la respuesta a la aplicación de NPK en el cultivo litchi en las variedades "Brewster" y "Mauritius" en la región norte de Oaxaca durante 2009 y 2011. Para desarrollar el trabajo se utilizó un diseño completamente al azar con nueve tratamientos con diferentes concentraciones de NPK (0, 25, 50, 75, 100 y 125% de la fórmula 50-130-50 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (100%). Con esta fórmula base se calcularon los demás tratamientos. Se adicionaron tres tratamientos, 100% más compost, 100% más elementos menores y 100% más elementos menores y cal para completar los nueve tratamientos. Los resultados mostraron que las concentraciones foliares de NPK antes de que estos elementos fueran trasladados durante la floración, amarre, desarrollo y maduración de fruta estuvieron dentro del intervalo del valor crítico, con excepción de N en la variedad "Mauritius". Los valores medios de concentración fueron los siguientes: para "Brewster" N 1.5%, P 0.21% y K 1.13%, y para "Mauritius" N 1.4%, P 0.18 y K 1.02%, cuyos valores estuvieron dentro de los límites críticos establecidos para N 1.5-1.8%, P 0.14-0.22% y K 0.7-1.1% respectivamente. En el primer año no se observó respuesta en floración a la fertilización tanto en la variedad "Brewster" como en la variedad "Mauritius", pero en el segundo año hubo respuesta en floración a los niveles crecientes de fertilización en ambas variedades. El mayor porcentaje de floración en la variedad "Brewster" se logró con 100% de la dosis 50-130-50 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O kg ha<sup>-1</sup> respectivamente y en la variedad "Mauritius" con 125% de la dosis. En el primer año (2010) no hubo respuesta en la producción de fruta a la fertilización en las dos variedades, pero en el segundo año (2011) sí se observó respuesta a la fertilización en la variedad "Brewster" con el tratamiento 100% más elementos menores. Los valores más altos de lecturas SPAD (45.4 y 48.7) para las variedades "Brewster" y "Mauritius" respectivamente se lograron con el tratamiento 125%. El área foliar más alta en la variedad "Brewster" (416 m<sup>2</sup>) se obtuvo con el tratamiento 125% de la fórmula base y en la variedad "Mauritius" (646 m<sup>2</sup>) con el tratamiento 100%. El peso de brotes de la variedad "Brewster" fue mayor en el tratamiento 125% (19.45 kg planta<sup>-1</sup>) y en la variedad "Mauritius" el mejor tratamiento fue el 100% (20.85 kg planta<sup>-1</sup>). Se encontró una alta correlación entre las siguientes variables, peso brotes, SPAD y área foliar con el contenido del nitrógeno foliar de 1.5%. Se concluye que las plantas están deficientes en NPK por la falta de una nutrición balanceada.

**Palabras clave:** Fertilización, brotes, rendimiento, floración, área foliar, SPAD.

# **NPK fertilization in orchards of litchi (*Litchi chinensis* Sonn) in the northern region of Oaxaca**

**Ramiro Maldonado Peralta**

## **SUMMARY**

**Colegio de Postgraduados 2011**

Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) is specie which flowers during the winter season and matures at the spring season. From the flowering period to the maturation several factors affect the yield and fruit, being the mineral nutrition one of the main factors. Therefore an experiment of NPK was carried out with the objective to assess the nutritional status and response to the application of these three elements in the varieties of litchi Brewster and Mauritius in the Oaxaca North Region during 2009-2011. In the experiment a complete random design for nine treatments NPK (0, 25, 50, 75, 100 and 125% of the formula 50-130-50 of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O kg ha<sup>-1</sup>, respectively, which is (100%); With base of this formula the other treatments were calculate. Three additional treatments were included: 100% of the formula plus compost, 100% plus micronutrients and 100% plus micronutrients and lime. In the first year (2010) response to the fertilization was not observed in both varieties, but in the second year (2011) fruit production was responded to the fertilization only in Brewster variety whit the treatment 100% of the formula plus micronutrients. The foliar concentrations of NPK before flowering fruit setting and maturation stage were as follows: N 1.5%, P 0.21% and K 1.13%, for Brewster variety, and for Mauritius variety N 1.4%, P 0.18 and K 1.02%. These concentrations were within critical values of leaf analysis for lychee. In the first year flowering response to fertilization was not observed in the both varieties Brewster and Mauritius, but in the second year flowering response to fertilization were observed in both varieties. The highest percentage of flowering in the Brewster variety was achieved with 100% of the dose 50-130-50 of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O kg ha<sup>-1</sup> respectively and the variety "Mauritius" with 125% of the dose. The higher values of SPAD lecture (45.4 and 48.7, in Brewster and Mauritius varieties respectively), were obtained with the treatment 125%. The highest value of leaf area (416 m<sup>2</sup>) was obtained with 125% of fertilization formula in Brewster variety and in the Mauritius variety (646 m<sup>2</sup>) with 100% of fertilization formula. The highest yield of annual vegetative growth (19.45 kg plant<sup>-1</sup>) was obtained whit 125% of fertilization of formula Brewster variety and in the Mauritius variety whit the treatment 100% of fertilization (20.85 kg plant<sup>-1</sup>). Highest correlation between annual vegetative yields, SPAD lectures and leaf area with foliar nitrogen was obtained. It can be concluded that orchards litchi are stressed in N, P, K, and micronutrients deficiencies due to in adequate fertilization for a nutritional good balance in order to obtained better yields lychee.

**Index words:** Fertilization, Fruit and shoot yield, Leaf area, Flowering, SPAD.

## I. INTRODUCCIÓN

El litchi (*Litchi chinensis* Sonn), ha sido ampliamente cultivado por frutos desde antes de 1766 a. C., y es la planta de frutas más importante entre la familia de las Sapindácea (Menzel, 1985; 1984). El litchi, se adapta a las zonas del mundo con climas tropicales, subtropicales cálidas, inviernos secos, veranos cálidos y húmedos (Menzel, 1991). China, India, Sudeste de Asia, Sudáfrica, México, Estados Unidos y otros países figuran entre los países productores de litchi (Menzel y Simpson, 1994).

En México fue introducido a través del estado de Sinaloa a principios del siglo XX, (ASERCA, 2004). En el país se cultivan 3 488 ha distribuidas en 12 entidades, entre las cuales sobresalen Oaxaca, Veracruz, San Luis Potosí y Puebla (SIAP, 2009). En los últimos años la fruta ha adquirido interés entre los productores agrícolas mexicanos debido a la demanda en Estados Unidos de Norte America (E.U.A), Canadá y la Comunidad Económica Europea, así como el creciente mercado nacional (Jiang *et al.*, 2003). Sin embargo, la baja producción en los huertos comerciales, que oscila entre 1 a 1.5 t ha<sup>-1</sup>, crea incertidumbre entre los productores (SIAP, 2009 y Menzel, 2001).

La liberación comercial que se vive a nivel mundial, está obligando al campo agrícola oaxaqueño a adoptar nuevas alternativas de producción, mismas que han marcado la diferencia entre los países desarrollados y los no desarrollados. En esta búsqueda de nuevas alternativas productivas, cada vez más rentables que impliquen un adecuado y reducción de costos, surge en el sector agropecuario, la clasificación de productos no tradicionales o cultivos alternativos; estos son considerados como propios de una región con adecuación agroclimática selectiva, con poca producción, considerados exóticos y que no están dentro de la dieta del consumidor como alimento primordial.

Uno de estos cultivos no tradicionales o alternativos, es el litchi (*Litchi chinensis* Sonn), cuya establecimiento se vio alentado por la caída en precios del sector agropecuario, especialmente de la ganadería y productos como maíz, frijol y café. En el estado de Oaxaca se tienen establecidas alrededor de 555 ha de litchi (10% del total nacional) distribuidas en la región del Papaloapan, Bajos Mixes y región costera. Cabe mencionar que las regiones del Papaloapan y Bajos Mixes de la parte norte de Oaxaca cuentan con la mayor extensión (aproximadamente 80% del total estatal), y el interés por esta siembra sigue creciendo (SIAP, 2009; INEGI, 2005).

En las regiones mencionadas se tienen dos variedades: Brewster y Mauritius, esta fruta se exportan a Estados Unidos y a países orientales; por lo tanto, requieren de altos rendimientos y excelente calidad de la fruta. Sin embargo Jiang *et al.* (2003), mencionan que lamentablemente su producción presenta grandes problemas debido al desconocimiento del manejo técnico y falta de información de nutrición de los arboles por parte de los productores. Estos problemas se reflejan en una baja producción y mala calidad del fruto, llegando hasta 30% de pérdidas a causa de enfermedades y mala nutrición.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Generalidades del litchi (*Litchi chinensis* Sonn)

El litchi (*Litchi chinensis* Sonn) es un árbol de clima subtropical que produce una de las frutas muy apreciadas del mundo. El fruto es una drupa no-climatérica con un pericarpio delgado (1 a 3 mm), de consistencia leñosa, textura rugosa, sabor agrídulce, excelente aroma, alto valor nutritivo y un atractivo color rojo intenso en madurez de consumo (Wang *et al.*, 2010; Sarin *et al.* 2009; Valle *et al.* 2008). La pulpa, llamada arilo, tiene un color blanco perla de aspecto gelatinoso firme y que cubre la semilla; y su excelente sabor se debe a una combinación ideal entre componentes dulces y agrios (Nacif *et al.*, 2001). Se come en estado fresco, congelado, enlatado o deshidratada (Kabir *et al.*, 2005; ASERCA, 2004).

Son varios nombres dados a la fruta, conocida como “delicia de reyes”, existe cierta confusión sobre el nombre común de la fruta. La pronunciación en el castellano sería “lichi” retornando su nombre indígena del norte de China, y para el sur de China debería ser “laichi”. De ahí que los países de habla inglesa usen diferentes nombres: en Florida “lychee”, en Hawái y Sudáfrica “litchi” y los nombres comunes en otros idiomas son muy parecidos (Popenoe, 1976).

La fruta del litchi, una de las más famosas y preferidas del sur de china, tiene posibilidades de convertirse comercialmente en una de las más importantes en varios lugares del mundo; en EUA, la mayoría de estas frutas son importadas de china, alcanzando precios muy elevados en EUA (Crane y Balerdi, 2005). En México la fruta está disponible a partir de mayo y principios de julio en las diversas áreas, que se consume principalmente en el mercado interno y la mayor cantidad se exporta a otros países (Menzel y Waite, 2005).

La alta demanda y los elevados precios pagados por litchi, especialmente en el mercado Europeo y estadounidense, ha creado interés en el cultivo de esta fruta

con un aumento en la superficie y material de propagación para incrementar la producción (Osuna *et al.*, 2008).

## **2.2 Historia y origen**

El litchi (*Litchi chinensis* Sonn) se conoce como planta en estado silvestre (Higgins, 1971), lo que constituye, sin duda, una clara prueba de su antigua utilización por el hombre. El litchi viene cultivándose desde hace 3500 años, es nativo de las tierras bajas de las provincias de Kwangtung y Fukien, en el sur de China. El centro de origen se ubica entre los 23° y 27° latitud norte, en la parte subtropical del sur de China, norte de Vietnam y Malasia (Yee, 1971). El cultivo se extendió a través de los años en áreas vecinas de Asia e islas cercanas. Actualmente se cultiva en China, India, Tailandia, el sur de Japón, el noroeste de Australia, África Oriental, Hawái, Brasil, México, Florida y otras regiones subtropicales del mundo (Menzel, 2002a; Galán, 1990).

Sin embargo Schwentesius y Gómez (2001) enfatizan que la escasa viabilidad de la semilla del litchi dificulta la obtención de nuevas plantas a partir de ella, y por tanto su dispersión, por lo cual permaneció durante muchos siglos en su área de origen. Al continente Americano, lo introdujo el chino Ching Check en 1873 a Hawái y Florida. El productor más famoso de litchi es hasta la fecha es W. M. Brewster, quien entre 1903 y 1906 se dedicó a la selección de variedades de litchi en la Florida y el cultivar más difundido en EUA y México en la actualidad lleva su nombre (ASERCA-CIESTAAM, 1996). En 1914, el litchi fue introducido a México por el estado de Sinaloa y fue hasta los años 60, cuando se extendió lentamente a otras áreas del país, de esta manera en 1996 se tenían ya 1 000 ha de litchi establecidas en 10 estados del país, dentro los cuales se encuentran Sinaloa, Veracruz, Chiapas, Oaxaca, Jalisco y Baja California Sur como los más importantes (De la Garza y Cruz, 2001).

## 2.3 Producción mundial y nacional del litchi

La producción del litchi en el mundo se estima en alrededor de 2.3 millones de toneladas (Cuadro 1), del cual el 96% se produce en Asia, en China, India, Taiwán, Tailandia y Vietnam (Houbin, 2006).

La producción total en África, Madagascar y Australia es cerca de 50 000 t, y una cantidad relativamente pequeña se produce en los EUA, México y Suramérica (Cronje *et al.*, 2006; Evans *et al.*, 2004). La superficie con huertos de litchi ha tenido una dinámica importante de expansión y rendimiento por hectárea, no solo a nivel nacional sino internacional. Las estadísticas disponibles indican que a principios de los años 1980 se exportaban a nivel mundial, alrededor de 5000 t; para 1985, la cantidad estimada fue de 10 000 t y para 1995 de 40 000 t (Schwentenius y Gómez, 1998). Para 2004, la producción de China, el principal productores a nivel mundial, fue de 1 558 400 t (Houbin, 2006), mientras que la de México tiene apenas de 600 t (Cuadro 1). La producción mundial de litchi ocupa el séptimo lugar después del mango, cítricos, plátano, manzana, guayaba y papaya (Singh y Babita, 2002).

Cuadro 1. Principales productores de litchi en el mundo.

País	Superficie plantada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)	Referencias
China (mainland)	588,000	1,558,400	2.7	Houbin, 2006
India	56,000	430,000	7.7	Singh and Babita, 2002
Viet Nam	61,545	110,388	1.8	Hai and Dung, 2002
Taiwan	12,000	108,000	9.0	Mitra, 2002
Tailandia	23,000	81,000	3.5	Sethpakdee, 2002
Madagascar	3,000	20,000	6.7	Huang <i>et al.</i> , 2005
Nepal	2,380	14,000	5.9	Huang <i>et al.</i> , (2005
Bangladesh	4,800	12,800	2.7	Huang <i>et al.</i> , (2005
Sudáfrica África	1,500	8,000	5.3	Huang <i>et al.</i> , (2005
Australia	1,200	4,000	3.3	Menzel, 2002a
Israel	300	2,000	6.7	Huang <i>et al.</i> 2005
México	1,000	600	0.6	Campbell y Ledesma, 2003
USA (florida Hawái)	600	530	0.9	Crane <i>et al.</i> , 2003
Brasil	347	200	0.6	Yamanishi <i>et al.</i> , 2001
<b>Producción Total</b>	<b>755,672</b>	<b>2,071,518</b>	<b>3.1</b>	

Estimación actual con base a la superficie y un promedio de rendimiento de 3.1 t ha<sup>-1</sup>.

La producción del litchi en México se da entre mayo y julio (ASERCA, 2004). Los estados donde se cultiva son: Veracruz, Oaxaca, Puebla, San Luís Potosí, Sinaloa, Michoacán, Nayarit, Hidalgo, Morelos, Baja California Sur y Jalisco (Cuadro 2), SIAP (2009 y 2010) reportan que del 2009 al 2010 la superficie con litchi se incrementó en 519 ha.

De la información de SIAP (2010), los estados de Veracruz, San Luís Potosí y Oaxaca cuentan con la mayor superficie de litchi a nivel nacional, con el 77.8%, respectivamente (Cuadro 2). La superficie plantada del litchi en el estado de Oaxaca se incrementó en un 47% y ocupa el segundo lugar, con un rendimiento de 7.2 t ha<sup>-1</sup>.

Cuadro 2. Principales productores de litchi a nivel Nacional (SIAP, 2009 y 2010).

Estados	Superficie plantada (ha)		Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
	--2009--	-----2010-----		
Veracruz	1,446.25	1,499.25	8,451.99	5.64
Oaxaca	555.00	1,040.00	7,562.00	7.27
Puebla	220.00	250.00	3,372.50	13.49
San Luis Potosí	574.09	579.24	1,616.34	2.88
Sinaloa	340.00	366.00	896.50	2.45
Michoacán	91.75	91.75	217.00	7.00
Nayarit	55.30	98.00	239.23	2.44
Hidalgo	53.75	49.00	150.80	3.08
Morelos	6.00	6.00	32.90	5.48
Baja California Sur	5.50	5.50	9.75	2.17
Jalisco	23.00	23.00	0.00	0.00
<b>Total nacional</b>	<b>3,488.64</b>	<b>4,007.74</b>	<b>22,549.01</b>	<b>5.78</b>

Estimación actual con base a la superficie sembrada y un promedio de rendimiento de 5.7 t ha<sup>-1</sup>.

El 70% total de la producción de litchi del estado de Oaxaca es de temporal (ASERCA, 2004), aunque el peso y el tamaño del fruto desempeñan un papel importante en la aceptación del consumidor, el color del fruto, sabor y firmeza, también se consideran importantes atributos de calidad que determinan la comercialización de litchi en los mercados internacionales (Cronje *et al.*, 2009).

### 2.3.1 Demanda de fruta de litchi

La demanda de la fruta de litchi en fresco ha aumentado considerablemente en los EUA. Según lo anterior, esto es debido en parte a los aumentos en las poblaciones asiáticas en los EUA y por consumidores curiosos que compran la fruta. En el pasado, la demanda era principalmente para la fruta congelada y conservada debido a la indisponibilidad de la fruta fresca (Degner *et al.*, 2002).

Los surtidores principales del litchi a los Estados Unidos son Taiwán, China, México e Israel. Entre 1998 y 2004, las importaciones del litchi crecieron de 9679 t a 15 131 toneladas (Figura 1). Taiwán aumentó sus exportaciones de 295 toneladas a 7 404 t y China aumentó sus exportaciones diez veces, a partir 456 toneladas a 4 595 toneladas de excedente en el mismo período. México también realizó aumentos substanciales en sus exportaciones de fruta fresca con los volúmenes de exportación aumentando cerca de 200 t en 1998 a 2855 t en 2004 con un precio de 2 dólar/kg (Evans y Dagner, 2005).

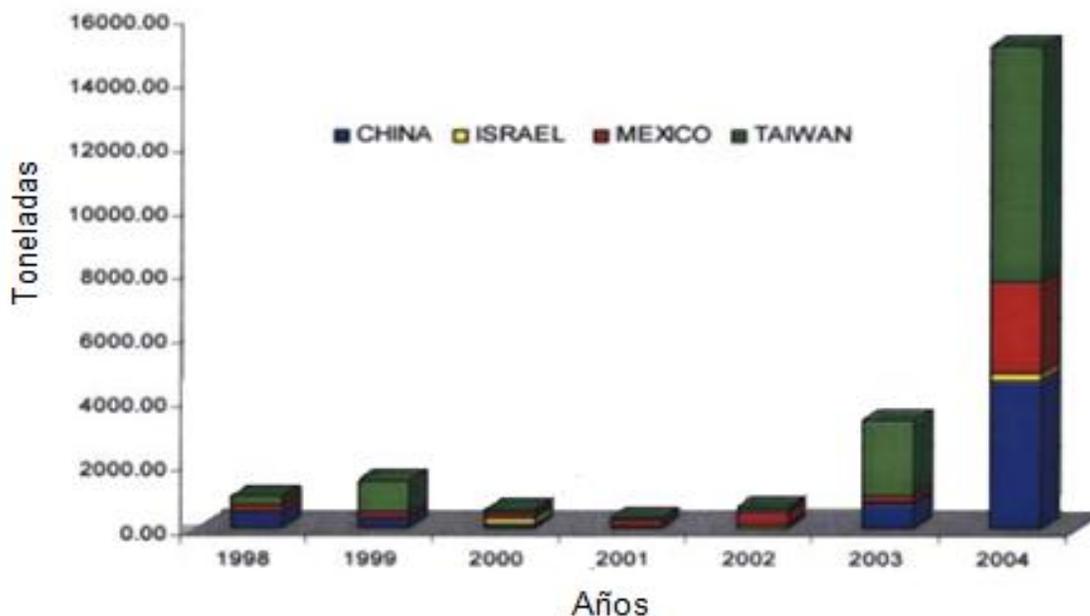


Figura 1. Importaciones de litchi a EUA de 1998 a 2004 (Evans y Dagner, 2005).

## 2.4 Ubicación taxonómica

El litchi (*Litchi chinensis* Sonn) es una especie perennifolia perteneciente a la familia de las Sapindáceas. La familia de las Sapindáceas comprende 150 géneros y más de 2000 especies (Menzel, 1991), las cuales en su mayoría son árboles, arbustos y raramente hierbas, distribuidos en las regiones subtrópicos cálidos y tropicales.

La mayoría de las especies son originarias de Asia, aunque hay algunas que lo son de América, África y Australia. Otras especies de origen comercial pertenecientes a la familia de las Sapindáceas son: el longan (*Dimocarpus longan* ssp.), rambután (*Nephelium lappaceum* L.) y pulusán (*Nephelium matabile* Blume). ASERCA-CIESTAAM (1996) y Menzel (2002a) presentan la siguiente clasificación botánica:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Sapindales

Familia: Sapindaceae

Género: *Litchi*

Especie: *L. chinensis*

Nombres comunes: Litchi, Lychee, Lichee, Lichi.

### 2.4.1 Descripción botánica

Los investigadores Víctor Galán Sauce de España, C. M. Menzel y Neil Greer de Australia, Singh H.P. y Babita S. de India, Jonathan H. Crane y C. W. Campbell de Florida, son los expertos a nivel internacional que más han trabajado sobre el litchi. Gran parte de la información botánica y técnicas de cultivo que se presentaran en el trabajo son retomadas de ellos.

### **2.4.2 El árbol**

El árbol del litchi alcanza los 10 a 12 m de altura, no obstante, existen ejemplares de más de 20 m después de una edad de 25 años. El árbol forma una copa redonda, densa, compacta y simétrica, presentando en todo tiempo un intenso aspecto verde y en épocas de cosecha parece de ornato por el contraste con el intenso brillo rojo de sus frutas. El tronco es grueso, recto, corto y la corteza tiene un color marrón o café oscuro. El árbol siempre genera ramas bajas, que según la literatura deben ser eliminadas a través de podas de formación. La vida productiva es de muchos años, dependiendo del cuidado y de las condiciones agroclimáticas (Galán, 1987). Según Menzel (1991) informó que un árbol de 4 años produce de 0.9 a 1.4 kg de fruta, mientras que un árbol de 12 años tiene una media de producción de 140 kg.

### **2.4.3 Sistema radicular**

Los árboles de litchi presentan un sistema radical desarrollado por una raíz pivotante, raíces secundarias y terciarias bien distribuidas, lo que les permite sobrevivir largos periodos de sequía (Galán, 1987). La mayoría de los árboles se obtienen de la propagación por acodo, estas plantas están caracterizadas por desarrollar unas raíces muy superficiales ya que la raíz principal está ausente (Menzel, 2002a).

### **2.4.4 Hojas**

Las hojas son compuesta, alternas, pecioladas y uniformemente pinnadas con dos a ocho folíolos, coriáceas, oblongas-elípticas a lanceoladas, notoriamente agudas, textura suave, lisas de color verde oscuro brillante por arriba y glaucas por debajo; el follaje joven es hermoso de color bronce rojizo que se transforma en verde brillante cuando maduran y tienen una longitud de 5 a 12 cm de largo, 2.5 a 6 cm de ancho (Crane *et al.*, 1998; Greer, 1990).

### **2.4.5 Inflorescencia**

La inflorescencia del litchi es definida y compuesta de varias panículas producidas en ramas del año, normalmente terminales y en racimos de 10 o más, aunque en algunos casos se puede presentar un alto porcentaje de panículas subterminales o incluso terminales, generalmente son mixtas, diferenciando las yemas basales, mientras que las intermedias desarrollan flores en las axilas de las hojas (Crane *et al.*, 2009; Galán, 1987).

Una panícula completamente desarrollada consta de un tallo principal o la columna vertebral conocida como raquis. Puede ser de 7.5 a 30 cm de largo o más largo y tiene hasta 3000 flores, aunque sólo un pequeño porcentaje de estos son polinizadas (100 a 200); la raquis está cubierta por ramas y estas por espiguillas; la espiguilla tiene tres pequeñas flores de color blanco, amarillo o verdoso que despiden un olor en plena floración (Galán, 1987).

### **2.4.6 Flores**

Las flores son de color blanco verdoso o amarillentas, con pequeños sépalos ovalados, disco carnosos, de siete o más estambres con filamentos peludos; el ovario tiene dos a tres lóbulos, dos a tres celdas, pubescente, montado en un tallo corto, con un óvulo en cada celda y el estigma con dos lóbulos (Crane *et al.*, 1998). La duración del periodo de floración del árbol es 20 a 45 días (Khan, 1929).

Las flores son muy vistosas cuando están en plena floración, con masas de pequeñas (2 a 3 mm) flores apétalas, polígamas, portadas en panículas axilares o terminales (Crane *et al.*, 1998; Menzel y Simpson, 1992abc; Menzel *et al.*, 1988; Galán, 1987).

Se observan tres tipos de flores (Figura 2), que se abren sucesivamente en la misma panícula. Las del tipo I son hermafroditas, pero su función es masculina, y

tienen siete estambres y el estigma no está bien desarrollado. Las del tipo II son también hermafroditas, se comportan como femeninas, tienen un estigma bien desarrollado y estambres cortos pero el polen que producen es abortivo y las anteras no se abren. Las del tipo III son morfológicamente masculinas, tienen únicamente estambres, un ovario hipertrofiado y producen mucho polen (Menzel, 2002a). La flor I y III tienen polen defectuoso dando lugar a semillas abortivas y al problema común de aborto de frutas tiernas, pero también son frutos que presentan “lengua de pollo”, que son los preferidos por los consumidores porque tienen más arilo y menos semilla (Lake, 1988).

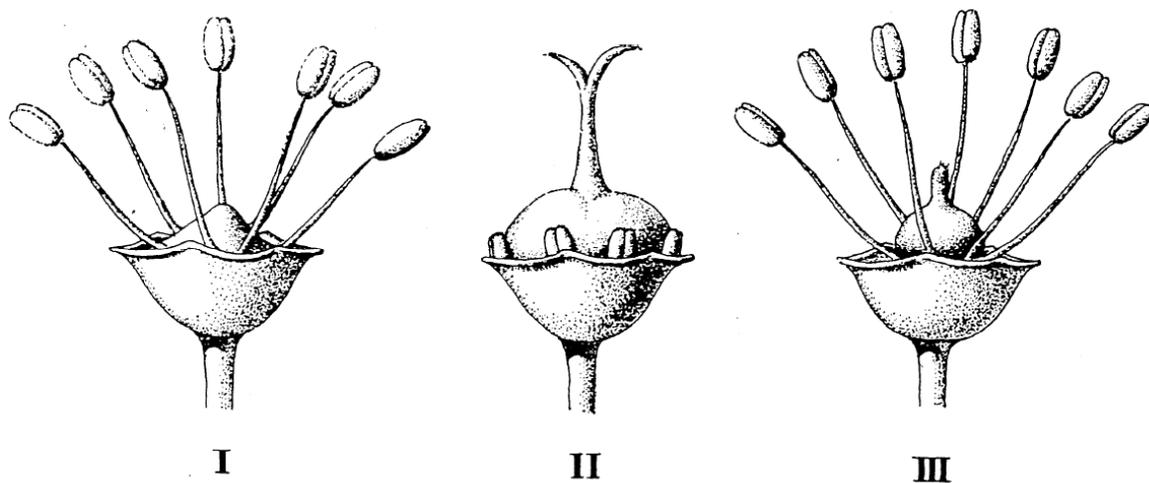


Figura 2. Los tres tipos de flores (I). Hermafrodita con ovario abortivo (II). Femeninas con pequeños estambres (III). Masculinas (Menzel, 2002a).

En la variedad Mauricio, el porcentaje de cada tipo de flor es del 34%, 32% y 34% para las flores masculinas (III), femeninas (II) y pseudos hermafroditas (I), respectivamente (Stern *et al.*, 1993). Según Osuma *et al.* (2008) la distribución general de las flores tipo I, II y III en las inflorescencias fueron de 70%, 19% y 11%.

Cada árbol da miles de flores, pero muy pocas forman fruta, del 10 al 30% son femeninas. La polinización es por insectos; sin embargo, a veces, hay carencia de polinización y la función del polen en ocasiones no es muy buena, o hay abortos

(Menzel *et al.*, 1986). La floración ocurre en ramas del año en panículas terminales; en México se presenta en los meses de enero a abril. Las variedades de litchi son autofértiles, por lo que son capaces de producir aunque se cultivan en bloques de una sola variedad. Las ramas florecen en momentos diferentes, aumentando las probabilidades de cuajado de flores (Menzel, 2002a).

La polinización de las flores es entomófila y el néctar es secretado sólo en las mañanas. El néctar es muy atractivo para las abejas y las moscas. Cuando los árboles de litchi florecen, las abejas obtiene; néctar para generar miel de alta calidad (Groff, 1943).

Menzel y Simpson (1992a) señalaron que de cinco cultivares de litchi, el Mauritius fue la primera variedad con emergencia de la panícula a finales de mayo y la floración a medios de septiembre. Los otros cultivares fueron de 5 a 7 semanas más tarde. Los cultivares Mauritius y “Bengala” generalmente tenían panículas más largas, que las demás variedades “Kwai May Pink”, “Salathiel” y “Wai chee” (17 a 32 contra 10 a 14 cm), y más flores por panícula (1800 a 3400 contra 400 a 900). Similarmente, el número de frutos por panícula varió entre 7 a 33/panoja, a las 3 semanas después de la floración; en la cosecha fue de 4 a 22/panoja. La proporción de flores femeninas y cuajado de frutos varió desde 2.1 a 19.5%.

La inducción de la floración está influenciada por factores como: el cultivar, contenido de nitrógeno en las hojas, agua y temperatura (Menzel *et al.*, 1986). El rendimiento del litchi se ve limitado cuando las condiciones climáticas no son suficientemente las adecuadas para la inducción de la floración. Ya que la inducción floral se da cuando los nuevos brotes coinciden con días de temperaturas menores o iguales a 20°C. De no darse estas condiciones, se inducirá crecimiento vegetativo en lugar de la floración (Batten y McConchie, 1995; Menzel y Simpson, 1995; Menzel *et al.*, 1988). Las temperaturas óptimas están en 24 y 30°C durante la floración, incrementaron la proporción de flores femeninas y amarre de frutos (Menzel y Simpson 1992c).

### 2.4.7 Fruto

Los cultivares “Brewster” o “Chen Zi” tiene racimos de 1 a 10 frutos, con un peso medio de 19 g, 74% de pulpa, rendimiento por árbol 1.0 kg/árbol y “Mauritius” o “Tai So” tiene racimo de 5 a 20 frutos, con un peso de 24 g y 71% de pulpa. Estos cultivares también constituyen la base de la producción en la mayoría de países (Zee *et al.*, 1999; ASERCA y CIESTAAM, 1996).

El fruto es una drupa de forma redonda, ovoide, acorazonada e incluso arriñonada, de tamaño variable según cultivares pero llega a alcanzar hasta 3 a 4 cm de largo y hasta 3 cm de diámetro, con un peso entre 12 y 25 g. La cascara (pericarpio) es delgado, coriáceo, duro y quebradizo (1 a 3 mm), es verde en el fruto inmaduro pero adquiere un color rojizo brillante e incluso amarillo o verde según sea la variedad. La cubierta posee protuberancias angulares poco pronunciadas (Figura 3). Cuando comienza a secarse, el pericarpio cambia a un color marrón y se vuelve más quebradizo. La fruta es altamente perecedera, delicada y su calidad puede deteriorarse rápidamente si no se almacena debidamente, en un lugar seco y fresco (Pesis *et al.*, 2002; Menzel, 2002a).

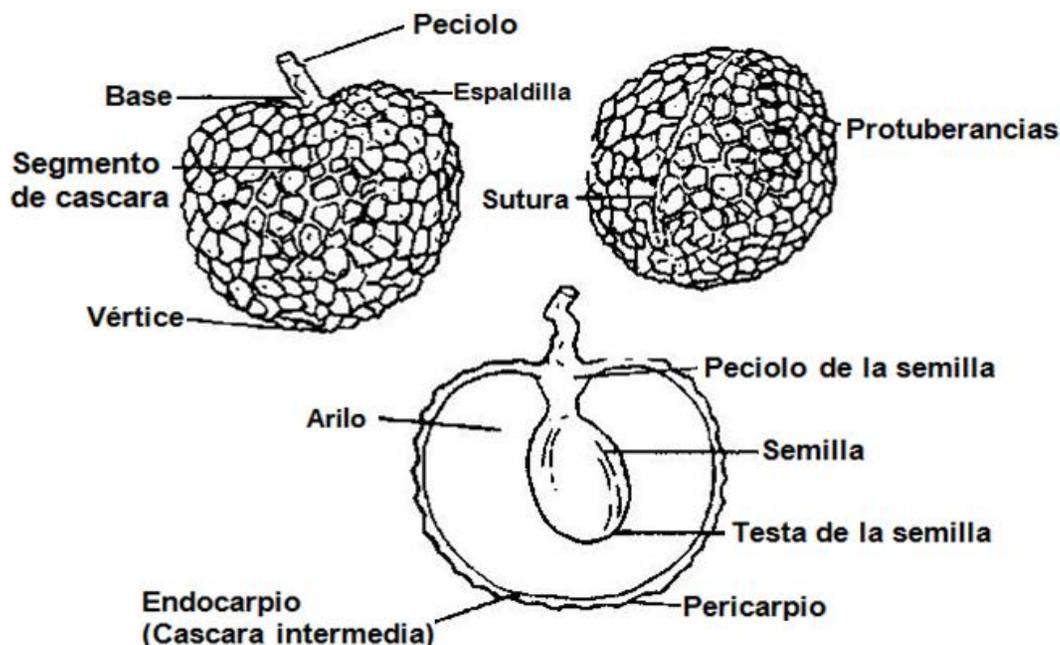


Figura 3. Características del fruto (Menzel y Simpson, 1990).

La pérdida rápida del cambio de color del pericarpio de color rojo brillante a marrón en tan sólo 2 a 3 días después de la cosecha, el valor comercial de la fruta se reduce drásticamente cuando se almacena en temperatura ambiente. El pericarpio se vuelve café y que es causada principalmente por la acumulación de pigmentos de color marrón resultante de la oxidación de los polifenoles de algunas oxidadasas como polifenol oxidasa, la peroxidación de los lípidos de la membrana y la compartimentalización celular (Wang *et al.* 2010; Zhang *et al.*, 2004 y 2001).

Huang *et al.* (2001) y Li *et al.* (2001ab) mencionan, que el problema del rajado del fruto se asocian a menudo con un clima caluroso y seco, sequía o las bajas concentraciones de calcio en pericarpio, y se produce después de cuajado de los frutos. El rajado se produce por estos factores afectando la división celular, el arilo se divide crece rápidamente antes de la madures y la cascara del fruto se convierte en inelástica produciéndose los rajados en el fruto (Akhtar *et al.*, 2005). Reguladores de crecimiento y manejo integrado mostró algunos resultados positivos en la reducción del rajado (Li *et al.*, 2000).

La parte comestible del fruto es la arilo (pulpa) es blanca, consistente y algo dura, con una semilla en su interior (Nacif *et al.*, 2001). Este fruto tiene un sabor dulce y ácido con un peso de 10 a 35 g (Menzel y Simpson, 1994). Se suele consumir crudo, aunque en China se combina con la carne y el pescado. También se usa en helados o batidos, Se pueden conservar desecados o enlatados en almíbar. La composición de la fruta en fresco se ha determinado en (100 g de peso fresco): 81 g de humedad, 1.1 g de proteínas, 0.1 g de grasa, 18 g de hidratos de carbono, 2 mg de Ca, 0.5 mg de Fe, 0.05 mg de tiamina, 0.07 mg de riboflavina, 0.5 mg de niacina y 49 mg de ácido ascórbico. El contenido total de azúcares solubles llega a ser de 18% (Wall, 2006; Menzel, 2002a; Chapman, 1984).

La semilla es brillante, marrón oscura, casi de color café, es de forma ovoide a oblonga midiendo entre 1 y 2 cm de longitud y entre 0.60 y 0.12 cm de ancho; comprende, aproximadamente, de 10 a 18% del peso del fruto. Las semillas

abortadas, son pequeñas y arrugadas, no viables y representan en este caso cerca del 4% del peso del fruto (Menzel, 1991). Las semillas de litchi contienen aproximadamente 8% de aceite, que se componen principalmente de ácido oleico, ácido linoleico, ácido palmítico y ácido esteárico. El contenido de ácidos grasos insaturados es más de 40%, lo que indica su valor potencial como aceite comestible (Xu *et al.*, 2011).

La curva de crecimiento del fruto (pericarpio, semilla y arilo) mostró un patrón simple sigmoide (Figura 4). El desarrollo de la fruta lichi se puede dividir en dos fases distintas, la primera se caracteriza por el crecimiento activo del pericarpio y la semilla, mientras que el segundo caracteriza por un rápido crecimiento del arilo (Figura 5).

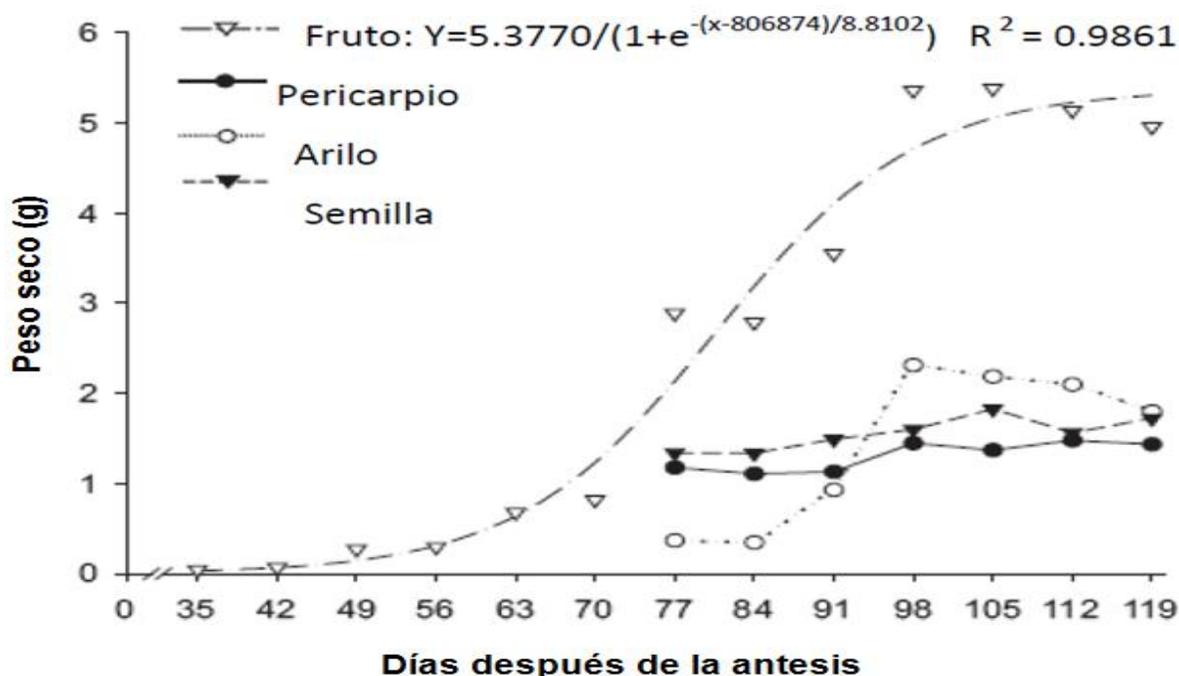


Figura 4. Tiempo de desarrollo del fruto de litchi de cv “Bengala” (Chamhum *et al.*, 2006c).

El crecimiento se estabilizó a los 98 días y la cosecha se realizó a los 112 días. La proporción de arilo fue de 59.7%, el pericarpio 24.9% y las semillas 15.3%, la senescencia de la fruta ocurrió a los 119 días después de antesis (Chamhum *et al.*, 2006c; Vieira *et al.*, 1996; Huang y Wang, 1990; Huang y Xu, 1983).

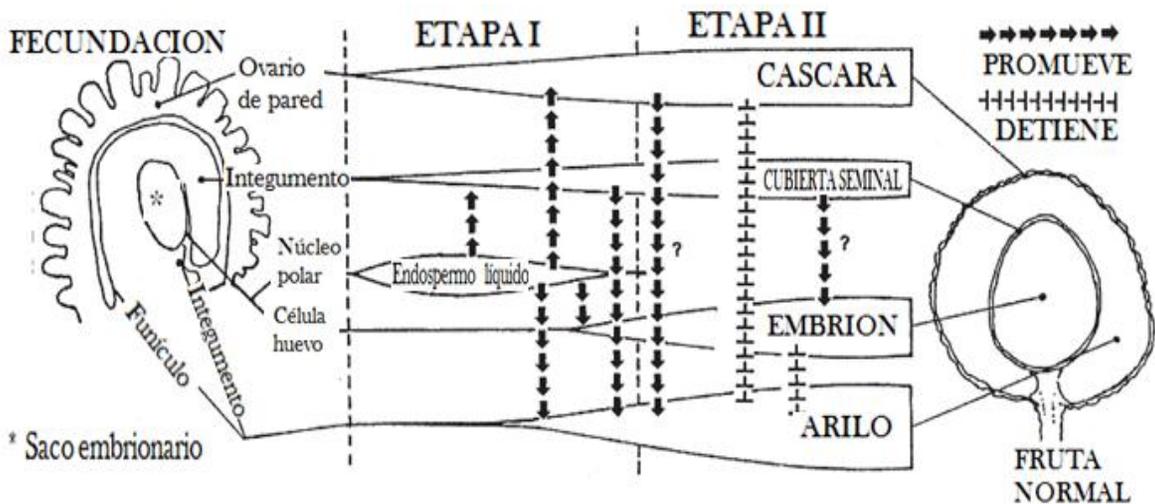


Figura 5. Relación entre los diferentes tejidos en el fruto de litchi (Memzel y Waite, 2005).

El almacenamiento en frío y la aplicación del ácido abscísico (ABA) son los métodos más eficaces para mantener la apariencia y prolongar la vida de almacenamiento de la fruta (Hu *et al.*, 2010). Sin embargo, si la temperatura de almacenamiento y transporte es inferior a 3°C, se desarrollará daño por frío en el pericarpio, lo que lleva a la rápido oscurecimiento de la fruta (Chen *et al.*, 2000).

Chamhum *et al.* (2006a), determinaron la acumulación de macro y micronutrientes en frutas de litchi "Bengala", y el orden de mayor concentración de nutrientes por los frutos en 112 días después de antesis fue la siguiente: K > N > Ca > P > S > Fe > Mn > Zn > Cu.

## 2.5 Manejo técnico del cultivo

### 2.5.1 Clima

La principal franja productora de litchi se encuentra entre los 15° y 30° de latitud norte con precipitaciones pluviales medias anuales de 1 600 mm. En algunas zonas productoras compensar es necesario la falta agua por riego; la humedad relativa mantenerla a 75 % (Galán, 1990).

El litchi crece mejor en regiones donde no se presentan heladas con climas frescos, y los meses de verano son cálidos y húmedos y los meses del invierno más secos y frescos. Las bajas temperaturas y un período seco simultáneos en invierno, son necesarios para iniciar los cambios fisiológicos que estimulan la floración; por otra parte, donde hay poca diferencia entre las temperaturas del invierno y verano, los árboles crecerán bien, pero raramente florecerán y producirán fruta (Roygrong, 2006; De la Garza y Cruz, 2001). Una primavera cálida durante el período de floración, un verano caliente, y húmedo, y lluvias periódicas durante la producción, desarrollo y maduración de los frutos, contribuyen con las condiciones ideales (Crane y Balardi, 2005).

El rango óptimo de temperatura para el crecimiento del árbol del litchi está entre 20°C y 30°C, con un mínimo para el crecimiento vegetativo de 15°C a 16 °C. A diferencia de lo anterior, para favorecer la floración es deseable una temperatura de invierno de 15°C por 8 semanas, lo cual favorece la floración del litchi; las temperaturas mayores de 20°C son favorecen la alternancia de la producción (ASERCA-CIESTAAM, 1996; Menzel y Simpsons, 1995 y 1988).

Lluvias fuertes o nieblas durante el período de floración son perjudiciales, vientos fuertes, cálidos y secos causan la caída de flores y también se daña el epicarpio de la fruta (MAG, 2001; Morton, 1987).

Singh y Babita (2002) mencionan que la diferenciación de yemas florales, floración, fructificación, calidad de la fruta y el desarrollo del sabor en litchi está influenciada por la temperatura y la humedad.

### **2.5.2 Requerimientos edáficos**

En cuanto a requerimientos edáficos, el litchi crece bien en una amplia gama de suelos, aunque la distribución de la raíz es generalmente pobre en terrenos

arcillosos. Los suelos más adecuados son limos arenosos, profundos, ácidos o limosos de río (Ricupero, 2003; Baker, 2002; Crane *et al.*, 1998).

El pH influye de manera indirecta en otros factores en el suelo como la solubilidad de nutrimentos, toxicidad de elementos pesados, desarrollo de microorganismos, humificación y mineralización de materia orgánica y variación en la capacidad de adsorción de coloides (Domínguez-Vivancos, 1997). Para el litchi, el intervalo óptimo de pH es entre 5.5 y 6.0. Fuera de estos intervalos, se pueden presentar problemas por deficiencia de nutrimentos (Marschner, 2002) y toxicidad de aluminio, manganeso, zinc y cobre en suelos ácidos, y deficiencias de hierro en los suelos alcalinos (Menzel *et al.* 1992ac). Sin embargo el litchi es capaz de desarrollarse satisfactoriamente en los suelos alcalinos de la India con valores de pH de entre 7.0 y 8.1 (Hundal y Arora, 1993) y en suelos ácidos de Australia con valores de pH de 4.6 (ASERCA-CIESTAAM, 1996).

Menzel *et al.* (1990) encontraron en el cultivar “Tai So”, el 80% de las raíces absorbentes se encuentra en los primeros 20 cm de suelo. La profundidad de enraizamiento fue mayor en los suelos de textura fina, mientras que la mayor densidad de raíces se registró en los suelos de textura gruesa, con pH de 5.5. A mayor profundidad se encuentra una disminución del crecimiento de raíces por aumento del aluminio intercambiables.

### **2.5.3 Riego**

El manejo del riego en litchi es importante para un crecimiento satisfactorio de la panícula, en la floración y en el desarrollo de la fruta. Un periodo seco de 15 días en otoño es necesario para una buena inducción floral (Valdivia, *et al.*, 2010).

Los árboles tienen un sistema de raíces profundas y pueden sobre vivir largos periodos de sequía, aunque las hojas, flores y frutas son normalmente reducidas.

El período de floración y principios de desarrollo del fruto es particularmente sensible al suministro de agua. La mayoría de los huertos no tiene riego debido a los costos, la falta de infraestructura, del rendimiento y la calidad de la fruta se pueden mejorar con riego complementario. Se requiere una precipitación anual de 200 a 1 500 mm para la producción satisfactoria. Trabajos en el sur de África muestran que la sequía en la emergencia de la panícula a la cosecha reduce el rendimiento y tamaño de la fruta en el “Tai So” (Menzel, 2002b).

Es probable que el riego sea mucho más importante, especialmente para el crecimiento de la panícula. En la India, se indica que los árboles deben tener una disponibilidad de humedad aprovechable del suelo entre 30 y 45 %, para obtener un mejor éxito en la floración y desarrollo del fruto. Sin embargo, la práctica de los productores es regar los árboles a intervalos de 7 a 10 días en la emergencia de la panícula, hasta la cosecha de fruta. El sistema de riego que se utiliza es el riego por goteo, esta práctica se realiza en la mayoría de los huertos de litchi en Australia, el norte de Tailandia y en algunas zonas de China, India, Vietnam, Bangladesh y Taiwán (Mitra, 2002).

Debnath *et al.* (2004) sugieren que el estado hídrico de la hoja del árbol no debe caer por debajo de un potencial hídrico de -1.3 MPa por la mañana. Esto será equivalente a un riego cada 10 a 12 días en un clima subtropical con un suelo franco arenoso. El período de floración y desarrollo de la fruta temprana parece sensible a la sequía (peso de la fruta fresca <1.0 g). El déficit hídrico disminuyó el peso fresco de la pulpa en 20% menos del total por fruto, comparado con los frutos de los árboles regados (Figura 6). El estrés hídrico después de la emergencia de las panículas tiene fuertes efectos sobre el desarrollo del amarre de fruta (Menzel y Simpson, 1990).

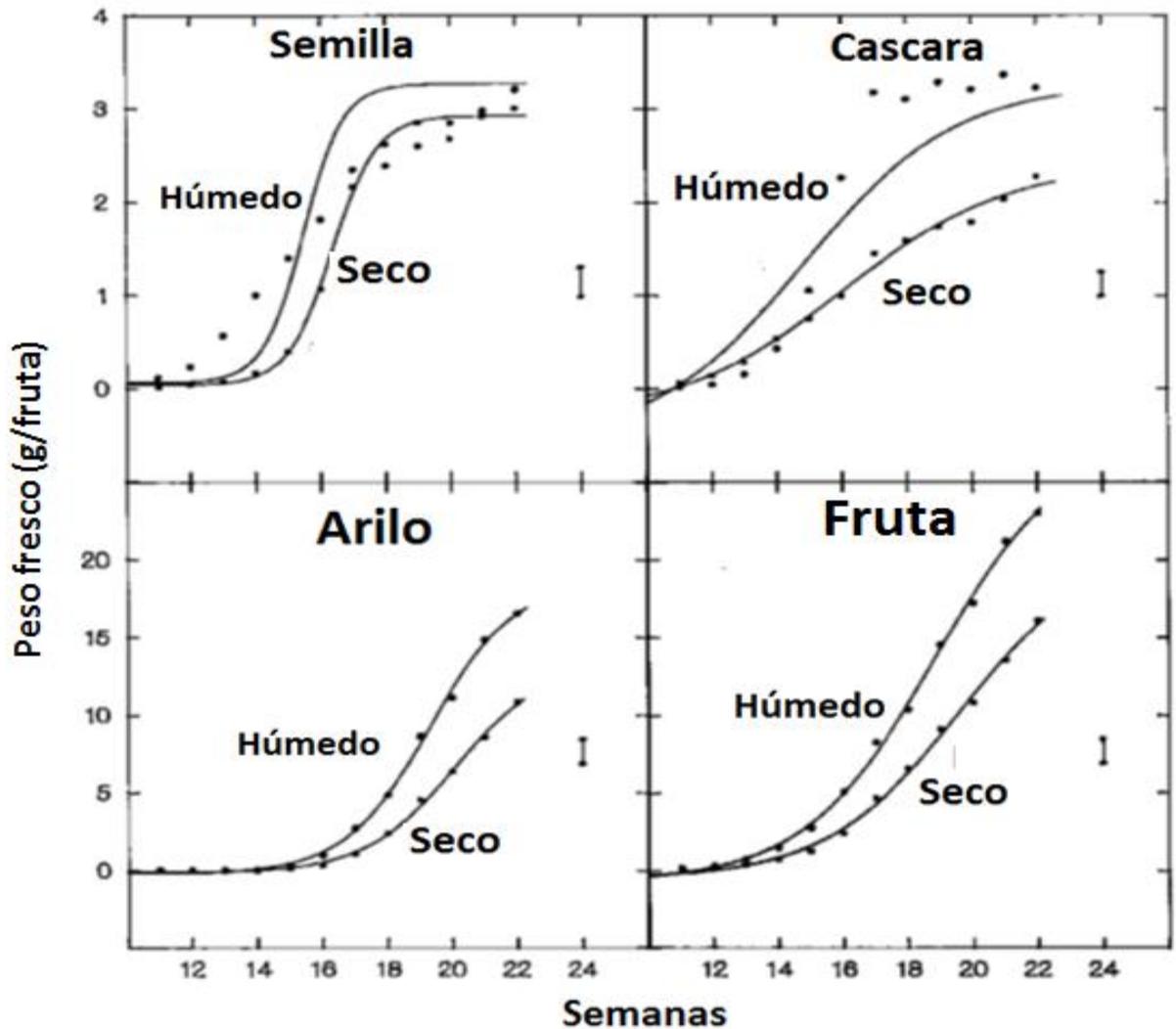


Figura 6. Cambios en peso de la cascara, semilla, arilo y fruta fresca, en los árboles con riego y estresados. La fruta fue cosechada a las 22 semanas. (Las barras verticales indican el LSD  $\alpha=0.05$ ) (Menzel *et al.*, 1995c).

#### 2.5.4 Sistema de propagación

Las ramas obtenidas del acodo se trasplantan en bolsas de 15 x 15 x 35 cm, en una mezcla de sustrato bien drenado. Para obtener una nueva planta es necesario esperar entre 1 y 1.5 años, desde el acodo hasta el establecimiento en el terreno definitivo y de 3 a 5 años para comenzar a producir (ASERCA-CIESTAAM, 1996).

La propagación por semilla no es recomendable, ya que por lo general las semillas permanecen viables solo de cuatro a cinco días. Las plantas obtenidas de semilla

generalmente empiezan a producir a partir de los ocho o nueve años de edad, frente a los tres o cuatro años de los obtenidos mediante acodo (Galán, 1990).

De acuerdo con De la Garza y Cruz (2001) y Samson (1991), el medio más utilizado para la propagación del litchi es el acodo aéreo que proporciona buenos resultados, es muy sencillo y las plantas empiezan a entrar en la producción a los tres o cuatro años. El método a seguir inicia con la selección de árboles sanos, vigorosos y con ramificación ampliamente iluminada. Se eligen ramas de la parte exterior con crecimiento erecto o sin ramificaciones, entre 10 y 20 mm de diámetro y entre 45 y 60 cm de longitud. Además, deben ser ramas que se encuentran en un adecuado crecimiento vegetativo, ya que la rama tierna que acaba de dar brotes enraíza pobremente (MAG, 2001).

### **2.5.5 Establecimiento de la plantación**

Para la siembra se deben elegir suelo de por lo menos 1.0 m de profundidad, libre de áreas endurecidas, con un óptimo nivel de la capa freática y buen drenaje; deben estar libre de malezas, en caso de ser necesario, se debe incorporar materia orgánica humificada para mejorar la estructura del suelo, la relación C/N y el contenido de materia orgánica. En cuanto al trazado, este se hace considerando las curvas de nivel, haciendo hoyos de 40 x 40 x 30 cm cada 7.0 m o según convenga al productor (MAG, 2001). El trasplante del vivero hacia el terreno definitivo debe ser en la época lluviosa, evitando tiempos muy cálidos, fríos o de fuertes vientos; de lo contrario es necesario proveer agua de forma constante para evitar la muerte de las plantas (Mitra, 2002; Baker, 2002).

Los árboles de lichi se plantaban a espacio de 9 o 10 x 12 m, o incluso 12 x 12 m, con un total de 70-80 árboles por hectárea. Estas plantaciones pueden tener rendimientos muy altos después de 10 o 15 años, pero la desventaja es que se desperdicia mucho terreno primeros años. Además son árboles grandes que

presentan problema para la cosecha, fumigaciones, protección de aves y de murciélagos (Menzel *et al.*, 2000b).

Las plantaciones adultas en la India, Australia, Tailandia y China se sembraron a una densidad de 80 a 150 árboles por hectárea. Huertos Nuevos en Australia son plantados a una distancia más cerca de 6 x 8 m ó 4 x 6 m ó 7 x 3 m, equivalentes a 200 y 600 árboles por hectárea (Menzel *et al.*, 2000).

En China, a partir de la década de los 80, los árboles de litchi fueron plantados en un menor espacio, principalmente de 5 x 4 m ó 6 x 5 m, es decir, 330 a 500 árboles por hectárea. También hay algunos huertos muy poblados que tiene 1500 árboles por hectárea (3 x 2.5 m) (Chen y Huang, 2000). En los sistemas de plantación de India (cuadro, línea de cobertura, cobertura doble, plantados en pares y plantación en grupos), densidades de 204 a 453 por hectárea, están siendo investigados, como un proyecto coordinado de investigación en diferentes lugares. Los primeros resultados han demostrado que las siembras en setos son más productivos durante los primeros años de fructificación (Mitra, 2002; Baker, 2002). Las plantas deben ser orientadas de norte a sur, especialmente cuando se planifican densidades de siembras más altas, permitiendo una mejor exposición a la radiación solar. (ASERCA-CIESTAAM, 1996).

### **2.5.6 Podas**

Los árboles jóvenes se podan para proporcionar una estructura fuerte, minimizar los daños por el viento y facilitar el área de cosecha de los frutos (Menzel, 2002a). Las podas son muy importantes para darle al árbol una forma apropiada que permita una mayor exposición al sol y así asegurar una mayor calidad de frutos (Crane y Balerdi, 2005; Huang, 2002). La poda severa de árboles viejos puede aumentar el tamaño de fruta, además de que se ha demostrado que la poda puede alterar satisfactoriamente la producción del árbol, al promover el desarrollo de brotes florales.

a) Poda de formación. Se requiere debido a que los árboles son producto del acodo aéreo, y tienden a desarrollar uniones defectuosas entre las ramas que se corrigen a través de la poda de formación. Se selecciona el que será el tallo principal que debe estar libre por lo menos en 50 cm de altura de cualquier otra rama; posteriormente, se seleccionan tres o cuatro brotes principales, los cuales deben estar espaciados y bien distribuidos. El resto de ramas o pequeños brotes deben ser eliminados, también se deben quitar las ramas que forman ángulos en "V", para y balancear adecuadamente la copa del árbol (ASERCA-CIESTAAM, 1996).

b) Poda de limpieza o sanidad. Esta poda también se le llama poda anual, y consiste en eliminar toda la rama muerta, ramas inferiores y ramas que impiden una penetración adecuada de la luz solar; generalmente se realiza después de la cosecha (De la Garza y Cruz, 2001).

c) Poda de regeneración. La poda severa de árboles viejos se hace para darle forma o controlar la forma del árbol. La forma correcta de practicar esta poda, es cortando completamente el árbol a una altura de 1.5 metros (MAG, 2001).

Otro tipo de poda también se ha realizado para ver el estímulo de la floración en litchi "Mauritio", que consiste en cortar los brotes maduros en otoño. Esta poda incrementó el rendimiento de árboles con riego en un 70% y la producción de árboles sin riego disminuyó en un 50% (Stern *et al.*, 2005).

### **2.5.7 Anillado**

El anillado es una práctica utilizada para promover la floración, retención, tamaño, color y contenido de azúcar del fruto (Smit *et al.*, 2005). El Anillado se puede utilizar para controlar los brotes de yemas vegetativas que se producen cuando las temperaturas son ideales para la floración.

El anillado se realiza en las ramas principales de la parte inferior y consiste en extraer un anillo de corteza y el tejido o floema debajo de ella, hasta la madera dura. El anillo se corta con una sierra para metales, de 0.30 cm de ancho y 0.40 cm de profundo. El anillado detiene el crecimiento de los brotes de dos a tres meses. Una vez que el corte ha comenzado a sanar, reanuda el crecimiento de nuevos brotes (Menzel, 2002a). La respuesta positiva de anillado se observó en China en la aceleración de la maduración de brotes de otoño y en invierno, y la inhibición de brotes vegetativos a favor de la iniciación de flores, aumento de porcentaje de flores pistiladas, disminución de la excesiva caída del fruto, y mejora de tamaño y calidad del fruto (Mitra, 2002).

En otros experimentos, los árboles fueron anillados en el tronco justo por encima del suelo obteniéndose un aumento del 35 % en el rendimiento en árboles de “Kwai May Pink” y “Wai Chee”. Otro trabajo se obtuvo un aumento de 3 frutos en ramas en la producción en “Mauritius” anillado a 1.5 m del racimo de frutos en comparación con el control, y Estos experimentos han demostrado que el anillado se puede utilizar para aumentar la producción, pero se necesitan más investigaciones para evaluar los efectos a largo plazo sobre la salud del árbol, antes de que estas técnicas sean ampliamente adoptadas en producción (Menzel, 2002a; Huang, 2002).

## **2.6 Nutrición del litchi**

El mercado mundial competitivo requiere de la producción de fruta de alta calidad para el éxito de cualquier productor, independientemente de donde se cultiva la fruta. La nutrición de árboles frutales juega un papel importante en la calidad de la fruta y la vida de anaquel. El estado nutricional de un árbol frutal está influenciado por muchos factores genéticos y ambientales. Entre estos factores están los físico-químicos del suelo, injerto, características del patrón genético, capacidad de adaptación y condiciones climáticas (Fallahi, 2002).

El lichi requiere nutrimentos para un crecimiento satisfactorio. El nitrógeno (N) es el nutrimento principal y ocupa una posición importante en el programa de fertilización. Los otros nutrimentos principales son fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg). Los micronutrimentos, hierro (Fe), boro (B), cobre (Cu), zinc (Zn) y manganeso (Mn), son necesarios en cantidades muy pequeñas. Cuando la concentración de un nutrimento alcanza niveles bajos o altos en una planta, los síntomas característicos aparecen en las hojas, tallos, flores o frutos. Normalmente, el crecimiento y rendimiento es afectado mucho antes de la aparición de los síntomas visibles. La única manera para evitar esto es monitorear las concentraciones de los nutrimentos en la planta y suelo, y mantener estos dentro de los niveles aceptables, obtenidos a partir de huertos de alto rendimiento (Menzel, 2002b; Fallahi *et al.*, 1985).

Menzel y Simpson (1987a) señalan que las mayores limitantes en la producción de litchi es la falta de un adecuado programa de nutrición. Los rendimientos pueden disminuir debido a un excesivo crecimiento vegetativo en verano, ocasionado por una fertilización nitrogenada tardía o excesiva (Mitra, 2002).

Los nutrimentos son necesarios para la formación de nuevas hojas, tallos, raíces, flores y frutos. Algunos de los nutrimentos del árbol se pueden reciclar con la hojarasca y ramillas caídas, flores y frutas. Estos datos se pueden utilizar como guía para la aplicación de fertilizantes para evitar el exceso de fertilización y la lixiviación de nutrimentos a los mantos freáticos (Kadman y Tomer, 1987). La aplicación de fertilizantes se hace basándose en el tamaño de la copa, la carga de frutos o edad del árbol (Menzel, 2002a).

### **2.6.1 Nitrógeno, fósforo y potasio**

El nitrógeno es el nutrimento requerido principalmente por el litchi. La deficiencia de nitrógeno afecta el crecimiento de los árboles, manifestándose como árboles chaparros, hojas pequeñas y de color verde pálido, y en la producción reduce la

retención de fruta, longitud, diámetro y peso de la fruta. (Menzel *et al.*, 1994; Menzel y Simpson, 1987b). El Lichi también necesita una cantidad importante de potasio y fósforo para su adecuado crecimiento y rendimiento junto con micronutrientes como el zinc, el boro y el cobre (Baker, 2002). Las deficiencias de K, pueden, limitar el desarrollo de la fruta y posteriormente el rendimiento (Menzel *et al.*, 1992ac). Las altas concentraciones de nitrógeno en las hojas (1.85%) son asociadas con flujos vegetativos y disminución de floración y rendimiento (Li *et al.*, 2001b; Menzel *et al.*, 1988).

En China, la dosis de fertilización recomendada es de 0.6 kg de urea, 1.2 kg de superfosfato y 0.6 kg de cloruro de potasio en plantas de 5 año, aplicado a la base del árbol. Los fertilizantes son generalmente aplicados por separado en tres etapas, es decir, cuando se presenta la emergencia de la inflorescencia, cuando la fruta está en crecimiento y cuando se requiere la recuperación de elementos que fueron absorbidos por el cultivo o lixiviados. Sin embargo, en la mayoría de los huertos, los fertilizantes se aplican, con frecuencia, en pequeñas dosis en el suelo y al follaje (Huang, 2002). En Australia el programa de fertilización ésta basados en la edad y tamaño del árbol como se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Requerimientos anuales de fertilizantes.

Edad del árbol (años)	Diámetro de copa (m)	Urea	Superfosfato	Sulfato de potasio
		-----kg /árbol <sup>-1</sup> -----		
4-5	1.0-1.5	0.4	0.8	0.7
6-7	2.0-2.5	0.7	1.0	1.1
8-9	3.0-3.5	0.9	1.3	1.3
10-11	4.0-4.5	1.1	1.7	1.7
12-13	5.0-5.5	1.3	2.0	2.0
14-15	6.0-6.5	1.8	2.5	2.9
>15	>6.5	2.2	3.0	3.4

Fuente: Menzel, 2002a.

Mitra (2002) establece las siguientes dosis para arbólales de 10 a 11 años con diámetros de copa de 4.0 a 4.5 m y 12 a 16 m respectivamente, con aplicaciones a la base del árbol de 500 g N, 170 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 700 g de K<sub>2</sub>O. El calendario de

aplicación que se recomienda es la mitad de la cantidad anual de nitrógeno después de la emergencia de panoja y la otra mitad después de cuajado de los frutos. Los otros nutrientes (fósforo y potasio) se suministran en dos aplicaciones iguales, después de la emergencia de panoja y después de la cosecha. Sin embargo, estas tasas son consideradas como una guía y deben ser apoyados por análisis foliares y del suelo (Figura 7).

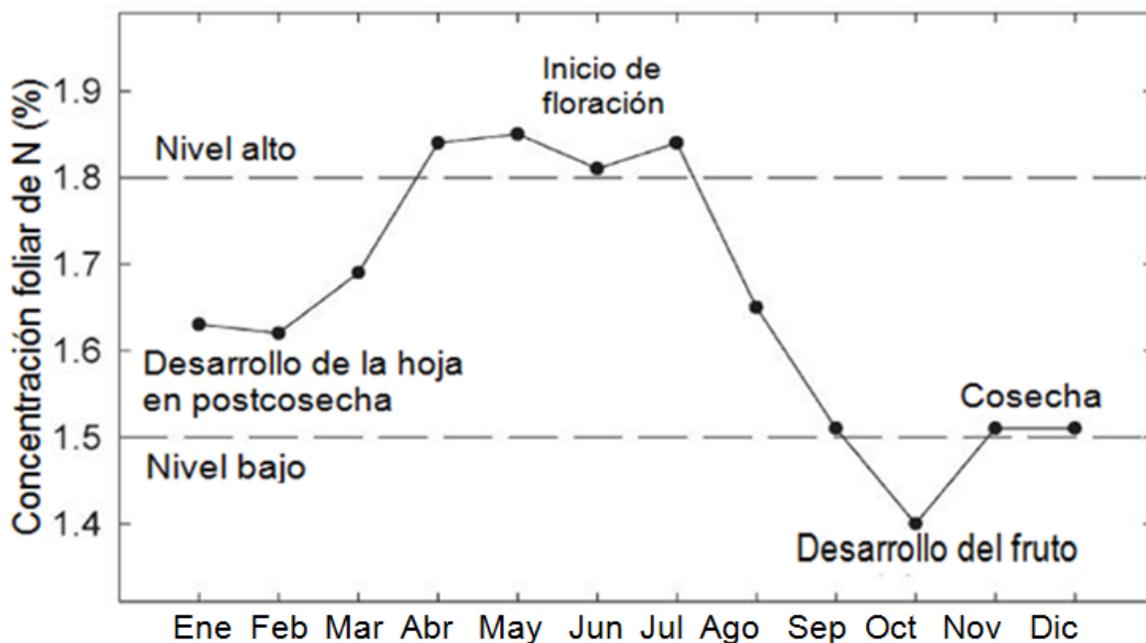


Figura 7. Cambios estacionales del nitrógeno foliar en litchi "Tai So" en Australia. La concentración óptima después de la emergencia de la panícula es 1.50 a 1.80% N. Menzel *et al.* (1992b).

En India, se dispone de un programa de fertilizantes basados en la edad que varía en diferentes regiones de cultivo. En árboles de 7 a 10 años de edad por lo general se aplican 400 a 600 g de N, 200 a 300 g de  $P_2O_5$ , 400 a 600 g de  $K_2O$  y 40 a 50 kg de abono orgánico por año (Menzel, 2002a).

Huang (2002) menciona que la aplicación del fertilizante se realiza directamente a la zona de las raíces de los árboles, se hacen zanjas de 30 a 40 cm de profundidad y 20 a 30 cm de ancho en ambos lados del árbol debajo del borde de la copa del árbol. Entre los varios factores asociados con la producción de litchi, la

nutrición balanceada es considerada como el más importante que determina la productividad y la calidad (Kotur y Singh, 1993).

Los árboles pueden tomar mucho tiempo para responder a los fertilizantes aplicados, al N le tomó cuatro años para mostrar reducción en el rendimiento de la variedad de "Bengala" en el sur de Queensland, al comparar los árboles fertilizados con los no fertilizados. El rendimiento aumentó de 20 a 60 kg por árbol con la aplicación nitrógeno y en la hoja la concentración de este elemento aumentó 0.95 a 1.56%. La aplicación en verano contra la aplicación de invierno no se observó ninguna diferencia en el rendimiento (Menzel *et al.*, 1994).

En cambio en experimentos similares durante tres años con P y K en las variedades "Tai So" y "Kwai May Pink", no presento síntomas de la deficiencia o exceso con 0 a 2.4t/ha de P o de 0 a 3.2t/ha de K, que son alrededor de diez veces las recomendaciones para el cultivo. En la hoja, el P y K se disminuyó ligeramente con el tiempo en los árboles que no se fertilizaron (Menzel, 2002b).

En Sudáfrica se estudió la respuesta de fertilizantes con P y K en "Mauricio" por más de ocho años. Hubo un aumento del 50% de P en la hoja (0.12 a 0,18 %), pero sólo un aumento del 10% de K en la hoja (0.91 a 1.06%). El rendimiento incremento con la fertilización fosfatada de 38 a 46 kg/árbol<sup>-1</sup>, pero no con potasio que fue de 41 a 44 kg/árbol (Koen *et al.*, 1993).

El fertilizante nitrogenado no se debe aplicar si las concentraciones de N en la hoja están por encima de 1.8%, los árboles son vigorosos y no han producido cosecha. Si los niveles son de 1.5 a 1.8 % de N, se aplica la dosis recomendada. Si los niveles son de 1.2 a 1.5%, se aplicar la dosis recomendad más el 25%, si es 1.1 a 1.2%, se aplicar la dosis recomendad más 50%, y si es menos de 1.0%, se aplicar la dosis recomendad más el 100%. El caso del fósforo, interpretar los resultados junto con el análisis del suelo, y no se aplican si los análisis de la hoja son más que 0.22% o si el análisis del suelo está por encima de 300 ppm. Para el

potasio, si el análisis de la hoja es de 0.5 a 0.6 %, utilice otro 50% de la recomendación. Si el potasio en la hoja es 0.7 a 1.1%, se usa la recomendación, pero si está por encima de 1.1%, no se aplica nada (Menzel, 2002b).

### **2.6.2 Calcio y magnesio**

El calcio está relacionado con la susceptibilidad que tiene el litchi a resistir el rajado del pericarpio uno de los problemas que afectan el rendimiento. Huang *et al.* (2001) comparó el contenido de calcio en distintas partes del fruto y lo comparó con el índice de rajado de estos, en dos variedades, una resistente al rajado “Huaizhi” y otra susceptible a él “Nuomici”. Según Pereira *et al.* (2005) menciona que la deficiencia de calcio no es la única causa del problema del rajado, ya que también depende de factores como la humedad, la temperatura ambiental y el viento, así como de la variedad.

La concentración de magnesio suele ser bajo el tejido foliar, especialmente cuando los árboles se cultivan en suelos arenosos, por ser fácilmente lixiviados. Las deficiencias también pueden ser inducidas por aplicaciones pesadas de nitrógeno y potasio. Cuando las concentraciones en la hoja cayeron por debajo del 0.25% no hubo floración (Menzel, 2002b). Aunque el magnesio no ha sido relacionado directamente con el problema de rajado, éste también se presenta en niveles bajos cuando se tienen alto índice de rajado de frutos (Li y Huang, 1995). Se ha encontrado que el magnesio incrementa el rendimiento cuando se aplica una cantidad adicional (Yao *et al.*, 2004).

### **2.6.3 Micronutrientos**

Los micronutrientos, hierro (Fe), boro (B), cobre (Cu), zinc (Zn) y manganeso (Mn) son necesarios en cantidades muy pequeñas. Cuando la concentración de un nutriente alcanza anormalmente bajos o altos niveles en una planta, los síntomas característicos aparecen en las hojas, tallos, flores o frutos.

Aplicación foliares adicional de Ca, Zn, B, Cu y Mn se recomiendan en Australia (Manzel 2000a). Aplicación de 0.6% de Ca como cloruro de calcio mejora el peso del fruto y la calidad. Zn se aplica a una concentración de 0.5 % de sulfato de zinc hidratado con cal, lo que ayuda a disminuir la caída de frutas y aumentar la producción y calidad de frutos. Las aplicaciones foliares de 0.1 % de bórax, de 2 a 3 veces durante el período de crecimiento del fruto y el desarrollo de los árboles, mejora la retención de la fruta, disminuye el rajado, mejora el color de las frutas y la dulzura, y acelera la madurez (Chang y Cheng, 2002). Las aplicaciones foliares de sulfato de zinc (0.1 %) se hace 2 veces, de 10 a 15 días antes de la floración para mejorar la proporción entre los sexos y reducir la caída de los frutos (Chandel y Sharma, 1992).

Si se observa la deficiencia de zinc y el magnesio, la aplicación de 150 a 200 g de  $ZnSO_4$  y 150 a 200  $g/árbol^{-1}$  de  $MgSO_4$  respectivamente, durante el mes de septiembre ha encontrado un efecto benéfico. Otros micronutrientes como el Fe (sulfato ferroso), Cu (sulfato de cobre), Mg (sulfato de magnesio) se aplican si se observan síntomas de deficiencia. Tres aplicaciones foliares en un año es suficiente para mantener los árboles en buen estado (Crane *et al.*, 2009).

El seguimiento de la nutrición de las plantas se hace de manera arbitraria, aunque algunos agricultores miden el pH y determinan contenido de nutrimentos en el suelo de vez en cuando. Sin embargo, se recomienda realizar el diagnóstico de los nutrimentos de suelo y planta, para conocer las necesidades nutrimentales (Kotur y Singh, 1993). La aplicación de fertilizantes basados en valores de los análisis foliares representa una alternativa, ya que al conocer que el valor crítico de nutrimentos se puede utilizar como una guía para determinar las necesidades nutricionales, que puede ayudar en el calendario de cantidades exactas de fertilizantes el cual favorecerá un mayor rendimiento y calidad de los frutos (Singh y Babita, 2002).

Para los micronutrientes, si el rango está dentro de los valores óptimos, se utiliza utilice la dosis recomendada (Cuadro 4), pero si está por debajo del óptimo, se aplica una segunda dosis. Si el análisis foliar es superior al valor normal, no se aplica (Menzel, 2002b).

Cuadro 4. Recomendaciones de micronutrientes en Australia.

Nutrientes	Productos	Aplicación al suelo (g/m <sup>2</sup> )	Aplicación foliar (g/L)
B	Solubor	2	2.0
Zn	Sulfato de zinc	25	1.0
Cu	Sulfato de cobre	4	2.0
Fe	Sulfato de hierro	10	5.0
Mn	Sulfato de manganeso	5	2.5

Fuente: Menzel, 2002b.

#### 2.6.4 Fertilización orgánica

La fertilización orgánica se da en función de la edad del árbol, así un árbol de 1 año deberá recibir 2 kilos de materia orgánica por año. Uno de 10 años recibiría 20 kilos (Ricupero, 2003).

En general, los huertos de litchi mantenidos con altas dosis de abonos orgánicos tienen un mejor rendimiento y calidad, en comparación con los huertos mantenidos con los fertilizantes químicos (Menzel, 2002b). Se recomienda realizar una aplicación a la base del árbol de fertilizante orgánico de 30 kg/árbol<sup>-1</sup> de litchi de edad de 5 a 6 años y para árboles de 8 años que se encuentran en producción recomiendan 50 kg/árbol<sup>-1</sup> (Budathoki, 2002).

Según Sotto (2002), la aplicación de estiércol, fertilizantes inorgánicos dependerá del nivel de los recursos de los agricultores. Compost y abono de las granjas se usa generalmente como fuentes básicas de nutrientes. En algunos casos, los fertilizantes químicos se aplican junto con los abonos orgánicos.

### **2.6.5 Análisis de suelo y foliar**

Los análisis pueden ser utilizados para monitorear los problemas de exceso o deficiencia de los nutrimentos en el árbol, pero muchos agricultores no pueden pagar el costo de los análisis. Sin embargo, las muestras servirán para generar una guía sobre el manejo de la nutrición en las diferentes áreas (Menzel, 2002b, Li *et al.*, 2001ab; Kotur y Singh, 1993).

El análisis de suelo puede ser utilizado para evaluar el estado nutricional de los cultivos de árboles. Se puede garantizar que un sitio en particular no está fuera del rango de la fertilidad adecuado si se consideran niveles adecuados para ese cultivo. Con los análisis del suelo se pueden corregir o evitar problemas como la acidez, salinidad e interacciones de nutrimentos y toxicidad, que no están directamente relacionados con la composición de la planta (Cuadro 5). El análisis del suelo se puede interpretar mejor con un análisis de hoja (Menzel y McConchie, 2000; Menzel *et al.*, 1992a; 1990).

Los horticultores en Australia han desarrollado estándares de nutrimentos en la hoja de litchi en 1992. Estos se basaron en estudios de los huertos de litchi de alto rendimiento en el sur de Queensland, pero tienen aplicación en otros lugares. El tiempo recomendado para el muestreo es una a dos semanas después de la emergencia de la panícula o alrededor de mayo a agosto en Australia, dependiendo del cultivar y la temporada (Menzel *et al.*, 1992b). Se han desarrollado también estándares en otros países (Cuadro 5). El período equivalente en México es de diciembre a febrero.

Se debe tomar una muestra de suelo todos los años a una profundidad de 15cm. La muestra de suelo se debe tomar la mitad de la distancia entre el tronco y la línea de goteo o el borde de la copa quitando el mantillo. Las muestras se deben tomar por huerto, tipo de suelo y cultivar (Menzel, 2002b).

Los resultados deben ser apoyados por un registro de color de las hojas, el vigor del árbol y el rendimiento, para que la aplicación de los fertilizantes se pueda ajustar en la próxima cosecha. El programa de fertilización final depende del tamaño del árbol, la carga del cultivo, variedades y tipo de suelo, y pueden variar considerablemente entre las diferentes regiones, los huertos y años (Menzel, 2002b).

Cuadro 5. Concentraciones óptimas de nutrimentos de la hoja y suelo de litchi.

Elemento y época de muestreo	Taiwan (Huang et al., 1998)	Sudáfrica (Koen et al., 1993)	Israel (Kadman y Slor, 1982)	Australia (Menzel <i>et al.</i> , 1992a,b)		
	-----concentraciones en hoja-----				Contenido en suelo	
N (%)	1.60-1.90	1.30-1.40	1.50-1.70	1.50-1.80	Ph	5.5-6.0
P (%)	0.12-0.27	0.08-0.10	0.15-0.30	0.14-0.22	CO (%)	1.0-3.0
K (%)	----	1.00	0.70-0.80	0.70-1.10	CE (dS m <sup>-1</sup> )	<0.2
Ca (%)	0.60-1.00	1.50-2.50	2.00-3.00	0.60-1.00	N-NO <sub>3</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	<10
Mg (%)	0.30-0.50	0.40-0.70	0.35-0.45	0.30-0.50	P (%)	100-300
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	50-100	50-200	40-70	50-100	K (%)	0.5-1.0
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	100-200	50-200	40-80	100-250	Ca (%)	3.0-5.0
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	15-30	15	12-16	15-30	Mg (mg kg <sup>-1</sup> )	2.0-4.0
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	10-25	10	----	10-25	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	10-50
B (mg kg <sup>-1</sup> )	25-60	----	45-75	25-60	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	2.0-15
Na (mg kg <sup>-1</sup> )		----	300-500	<500	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	1.0-3.0
Cl (%)		----	0.30-0.35	<0.25	B (mg kg <sup>-1</sup> )	1.0-2.0
					Na (mg kg <sup>-1</sup> )	<10
					Cl (mg kg <sup>-1</sup> )	<250
Época de muestreo	Antesis	Después de amare de frutos	Después de la emergencia de la panícula	Después de la emergencia de la panícula	Debe realizarse al mismo tiempo del muestreo de hojas	

---- No se encontraron datos.

El muestreo se realiza a las hojas completa y se toma la primera hoja en la panoja (Figura 8), de ocho ramas, distribuidas alrededor del árbol y seleccionadas al azar. La muestra de la hoja debe ir acompañada de una muestra de suelo de 0 a 15 cm cada año. Una muestra de hojas y suelo deben representar una plantación de nomás de 3 ha, con muestras independientes se recomienda para cada suelo, bloqueo variedad. Aproximadamente se deben muestrear 20 árboles uniformes que estén distribuidos en toda el área (Menzel *et al.*, 2002b).



Figura 8. Las hojas para análisis de nutrimentos se obtienen de justamente detrás de la panoja de flores en invierno (Menzel y Waite, 2005).

Los científicos de India y australianos han determinado las concentraciones de nutrimentos en las frutas. Estos datos pueden ser utilizados para estimarla remoción de los diferentes nutrimentos por el cultivo. Las concentraciones promedio en la fruta fueron los siguientes: N (0.85%), P (0.19%), K (1.04%), Ca (0.10%), Mg (0.18%), Mn (29 mg Kg<sup>-1</sup>), Zn (34.9 mg Kg<sup>-1</sup>), Cu (36 mg Kg<sup>-1</sup>) B (15 mg Kg<sup>-1</sup>) y Cl (0.01%). Se calculó que 50 kg de cosecha removerán los siguientes nutrimentos en los frutos: N (98 g/árbol<sup>-1</sup>), P (22 g/árbol<sup>-1</sup>), K (120 g/árbol<sup>-1</sup>), Ca (12 g/árbol<sup>-1</sup>) Mg (21 g/árbol<sup>-1</sup>) Mn (0.3 g/árbol<sup>-1</sup>), Zn (0.4 g/árbol<sup>-1</sup>), Cu (0.4 g/árbol<sup>-1</sup>), B (0.2 g/árbol<sup>-1</sup>) y Cl (28 g/árbol<sup>-1</sup>). Por lo tanto, las frutas remueven más potasio que nitrógeno (Chamhum *et al.*, 2006a; Hieke y Menzel, 2001).

Los nutrimentos extraídos por la cosecha, lixiviación, escorrentía, volatilización y fijación, son factores que se deben de tomar en cuenta para recomendarlas dosis de fertilizantes y compensar estas pérdidas de: N (30-50%), P (50-80%), y K, Mg y Ca (20-30%) es la cantidad de aprovechamiento del fertilizante (Diczbalis, 2008; Kadman y Tomer, 1987).

Alrededor del 50% de los nutrimentos del árbol se encontraban en las hojas, el 8% en las ramas y el 16% en las ramas pequeñas, la que representaban alrededor de 75 % del total de las reservas del árbol. Las concentraciones de nutrimentos en las hojas reflejan las reservas en el resto de la planta, que indican que son un índice confiable del estado de los nutrimentos de los árboles. El orden relativo de las cantidades totales de nutrimentos en las partes vegetativas del árbol fue: N> Ca> K> Mg> P> Cl ≥ S> Mn ≥ Cu> Zn ≥ B (Menzel *et al.*, 1992c).

La composición nutrimental de las hojas y tallos varió con la edad. En las hojas, el contenido de N, P, K, S, Fe, Cu y Zn mostraron reducción con la edad y el Ca, Mg, y Mn aumentaron. En el tallo se produjo un aumento en el contenido de todos los elementos durante el año, excepto cuando el desarrollo del fruto, que se presentó un descenso de la N, P, K, Mg y Cu. Las hojas translocan el N, P, K, Cu y Zn a la inflorescencia y a los nuevos crecimientos vegetativos (Chamhum *et al.*, 2006b)

### **III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

#### **3.1 Objetivo general**

Evaluar el estado nutrimental y la respuesta a la aplicación de N, P y K en litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) variedades “Brewster” y “Mauritius”, en la región norte de Oaxaca.

#### **3.2 Objetivos específicos**

Evaluar la respuesta del litchi a la aplicación de dosis creciente de N, P y K a partir de una dosis recomendada para el cultivo.

#### **3.3 Hipótesis general**

El litchi incrementa el rendimiento de frutos con la aplicación de N, P y K, debido a los bajos niveles de estos elementos en el suelo.

#### **3.4 Hipótesis específica**

La fertilización de N, P y K incrementa y mejora el rendimiento, área foliar, biomasa del último año y síntomas de deficiencias.

## **IV. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1 Localización de los ensayos experimentales**

El trabajo experimental se llevó a cabo en dos localidades:

El Rancho “El Refugio” propiedad del ingeniero Roberto Moreno Sada, ubicado en San José Chiltepec, Municipio de Tuxtepec, Oaxaca, en el huerto de litchi con el cultivar “Brewster”. El huerto de litchi está localizado en las coordenadas 96° 10' 1.6" de longitud Oeste y 17° 57'43.6" de latitud Norte a orillas del Rio Papaloapan, en la región norte del estado de Oaxaca.

El segundo ensayo esta se ubicó en el Rancho “La Ceiba” propiedad del Señor Salvador Moreno en Nuevo Cerro Mojarra, Municipio de María Lombardo, Oaxaca, en huerto de litchi con el cultivar “Mauritius”. El huerto de litchi está localizado en las coordenadas 95°19'49.6" de longitud Oeste y 17°26'11.8" de latitud Norte en la región Mixe de la región norte del estado de Oaxaca.

### **4.2 Cultivares de litchi**

Se utilizaron árboles de litchi (*Litchi chinensis* Sonn) de la variedad “Brewster” en San José Chiltepec y “Mauritius” en Nuevo Cerro Mojarra, ambos entre la edad de 8 a 12 años de edad. Los árboles de San José Chiltepec empezando a producir fruta mientras que los árboles de Nuevo Cerro Mojarra están en producción. En la plantación de ambos sitios se utilizaron árboles obtenidos por acodo. El comportamiento en el desarrollo y maduración de la fruta es diferente de una variedad a otra, aun estando los huertos en el mismo sitio. Sin embargo los días de la floración a la maduración es el mismo (ASERCA y CUESTAAM, 1996). En el cultivar “Mauritius” la fruta normalmente madura antes que en la variedad “Brewster”.

### 4.3 Tratamientos

Los tratamientos se generaron a partir de una fórmula completa de 50-130-50 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, respectivamente, esta fórmula se estimó con base a la cantidad de N-P-K absorbida de estos nutrientes por la fruta cosechada, en el último crecimiento vegetativo, base seca y el problema de fijación de fósforo de los suelos. Los tratamientos correspondieron a porcentajes de la fórmula anterior, estos son: 0, 25, 50, 75, 100 y 125 % y los tratamientos 7, 8, y 9 llevan 100% de la fórmula, pero el 7 lleva 25 kg de compost de caña de azúcar por árbol, el tratamiento 8 lleva 0.125 kg de micronutrientes por árbol, y el tratamiento 9 lleva 0.125 kg de micronutrientes y 5 kg de hidróxido de calcio. La lista de tratamientos y las cantidades de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O que se aplicaron por árbol, se presentan en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Tratamientos, que se aplicaron a los dos huertos de litchi.

Tratamiento %	Nitrógeno		Fósforo		Potasio		complementos	
	N kg/ha	FN kg/árbol	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	ST kg/árbol	K <sub>2</sub> O kg/ha	KCl kg/árbol	t/ha	kg/árbol
50-130-50	<b>50.0</b>	1.06	<b>130.0</b>	1.95	<b>50.0</b>	0.58		
1. 0	<b>0.0</b>	0.00	<b>0.0</b>	0.00	<b>0.0</b>	0.00		
2. 25	<b>12.5</b>	0.26	<b>32.5</b>	0.48	<b>12.5</b>	0.14		
3. 50	<b>25.0</b>	0.53	<b>65.0</b>	0.97	<b>25.0</b>	0.29		
4. 75	<b>37.5</b>	0.79	<b>97.5</b>	1.46	<b>37.5</b>	0.43		
5. 100	<b>50.0</b>	1.06	<b>130.0</b>	1.95	<b>50.0</b>	0.58		
6. 125	<b>62.5</b>	1.32	<b>162.5</b>	2.44	<b>62.5</b>	0.72		
7. 100	<b>50.0</b>	1.06	<b>130.0</b>	1.95	<b>50.0</b>	0.58	C <b>(3.6)</b>	(25)
8. 100	<b>50.0</b>	1.06	<b>130.0</b>	1.95	<b>50.0</b>	0.58	EM <b>(18)</b>	(0.125)
9. 100	<b>50.0</b>	1.06	<b>130.0</b>	1.95	<b>50.0</b>	0.58	EM <b>(18)</b> Cal <b>(720)</b>	(0.125) y (5)

C= (Compost de bagazo de caña) (N 0.91%, P 0.8%, K 0.23%, Ca 2.16%, Mg 0.27%, Fe 19986 ppm Cu 52 ppm, Zn 19 ppm y Mn 845 ppm). EM (Elementos menores) CARPOL® (Fe 6.0%, Zn 4.0%, Mn 0.7%, Cu 0.3%, B 0.05 %, Co 0.003% y Mo 0.001%). Cal (hidróxido de calcio comercial), FN= (fosfonitritos), ST = (superfosfato de calcio triple), KCL = (cloruro de potasio).

El fertilizante químico fosfonitritos (33-00-00) se utilizó como fuente de N, el superfosfato de calcio triple (00-46-00) como fuente de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y el cloruro de potasio (00-00-60) como fuente de K<sub>2</sub>O.

Para calcular la cantidad de cada uno de los fertilizantes químicos que se debe de aplicar por árbol, después de haber calculado la cantidad del fertilizante químico por hectárea, esta se dividió entre 144, que es la densidad de población promedio de árboles que se usa por hectárea.

En el ciclo de producción de 2010 se aplicó toda la dosis antes de la floración del litchi (5 y 6 de noviembre de 2009). En el ciclo de producción de 2011 la dosis de cada uno de los tratamientos se dividió en dos aplicaciones, la primera se hizo durante la floración de litchi (30 y 31 de agosto de 2010) y la segunda después de la floración (11 y 12 de abril de 2011), según recomendaciones de Menzel y Waite (2005). La cantidad total de fertilizante calculada por árbol, se distribuyó en toda la superficie alrededor del árbol desde la base hasta la zona de goteo, previa eliminación de las malezas y el mantillo, después se volvió a colocar el mantillo o la hojarasca sobre el fertilizante aplicado.

#### **4.4 Diseño experimental**

En ambos ensayos se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 9 tratamientos con 4 repeticiones en cada huerto, con un total de 36 árboles utilizados por ensayo. La distribución de los tratamientos en los dos huertos se presenta en la figura 9.

Los ensayos se ubicaron en áreas libres de inundación, alejado de canales de desagüe, sin problemas de lavado de fertilizantes y con plantas de la misma edad; los tratamientos se diferenciaron con una cinta de plástico colocada en una de las ramas. El área del ensayo experimental se mantuvo limpia de malezas mediante el chaponeo con un tractor.

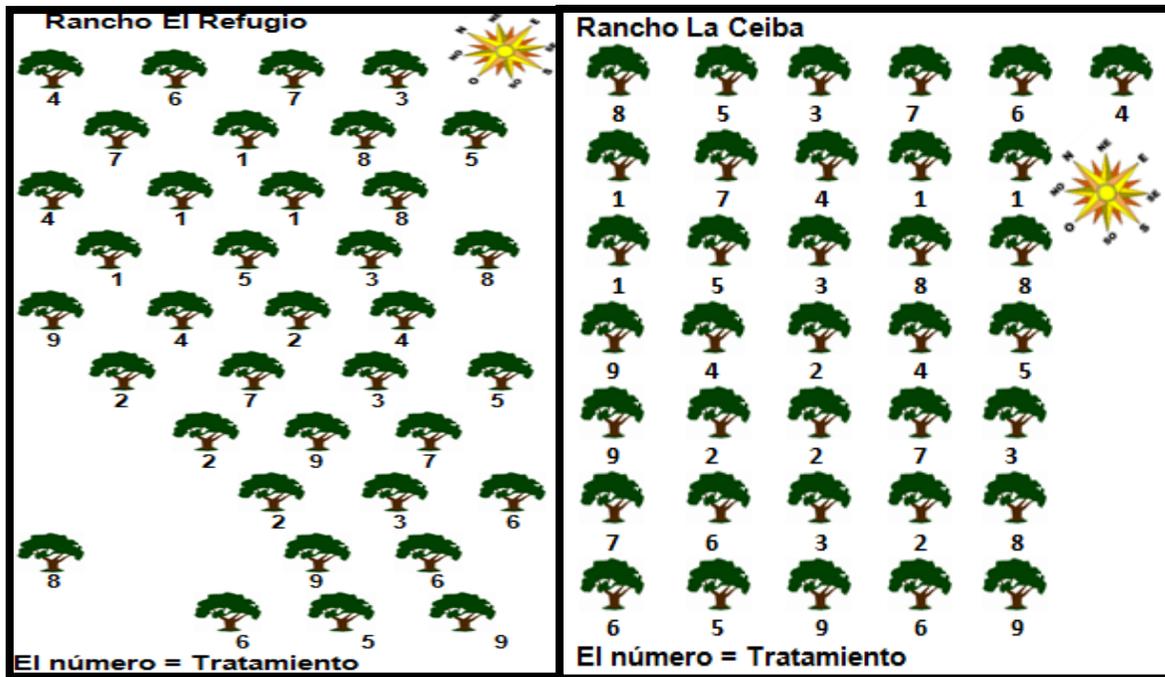


Figura 9. Distribución de los tratamientos en los dos huertos.

#### 4.5 Colección de datos

Se midieron las siguientes variables análisis de suelos, análisis foliares, porcentaje de floración, rendimiento de fruta por árbol, diámetro ecuatorial y polar de fruta, así como sólidos solubles, mediciones SPAD-502, peso de brotes vegetativo del último ciclo y área foliar.

Los datos se colectaron desde el inicio del ensayo en el mes de febrero del 2010 hasta la cosecha que se realizó en la segunda quincena de mayo y en la primera de junio de 2010 para el ciclo de producción 2009-2010. En el segundo ciclo que comprende de febrero a junio de 2011, también se colectaron datos sobre la respuesta del árbol de litchi incluyendo el rendimiento de fruta que se cosechó en mayo de 2011.

#### **4.5.1 Floración**

Se cuantifico el porcentaje de floración para ver el efecto de los tratamientos de fertilización en ambos experimentos; en el de Chiltepec se colecto esta información el 20 de febrero y en el de Nuevo Cerro Mojarra el 21 de febrero del 2010, para el primer ciclo. Para el segundo ciclo la floración se cuantifico el 18 de febrero en el ensayo de Chiltepec y el 19 febrero en el ensayo de Nuevo Cerro Mojarra, de 2011. Para ello, el árbol se dividió en cuatro cuadrantes de acuerdo a los cuatro puntos cardinales. En cada cuadrante se evaluó el porcentaje de superficie cubierta de flores, del 25% correspondiente, y la suma del porcentaje de superficie ocupada por flores en cada cuadrante, represento la superficie total cubierta por flores, del 100% de la copa del árbol.

#### **4.5.2 Número de flores por racimo**

También se cuantifico, como una información adicional, el número de flores por racimo. Esta cuantificación se hizo contando el número de flores que tenía una espiga representativa del racimo y con el número de espigas por racimo, se estimó el número total de flores por racimo, repetido en cuatro árboles seleccionados al azar. Esta cuantificación se llevó a cabo en Chiltepec el 20 de febrero y en Nuevo Cerro Mojarra el 21 de febrero de 2010.

#### **4.5.3 Rendimiento de fruto**

El rendimiento de fruto se cuantifico el tamaño del fruto. Para ello se utilizó una balanza granataria (KW-2610) en el primer ciclo, y en el segundo ciclo una balanza digital (EK3052) con aproximación de un gramo. Estas cuantificaciones se llevaron a cabo en Nuevo Cerro Mojarra el 17 de mayo y en Chiltepe el 29 de mayo del 2010. En el segundo ciclo solo se logró cosechar en Chiltepec el 25 de mayo del 2011, siguiendo el mismo procedimiento.

#### **4.5.4 Tamaño, peso fresco y seco de semilla, arilo y pericarpio del fruto**

Adicionalmente se tomó una muestra de 40 frutos de los dos experimentos para determinar su tamaño, el peso fresco y seco de cada uno de las partes de la fruta (semilla, arilo y pericarpio o cascara) y los parámetros de calidad. El tamaño se midió con un Verniers Digital (Series TPM-METAX), el peso con una balanza digital (HF-2000), el secado de los componentes de la fruta en una estufa (THOMAS SCIENTIFIC) y los sólidos solubles (°Brix) con un refractómetro portátil (ATAGO N-1E).

#### **4.5.5 Muestreo y análisis de suelo**

Con el propósito de caracterizar los suelos de los dos sitios experimentales, al inicio de los ensayos, se colectó una muestra compuesta, con una pala recta dentro del área experimental, de 0 a 20 cm de profundidad en cada uno de los ranchos el “Refugio” y la “Ceiba”. Las muestras se secaron al aire, se molieron, y se tamizaron con un tamiz de dos milímetros de diámetro, para los análisis físicos y químicos, cuantificándose los macro y micronutrientes.

El pH se determinó empleando una relación 1:2 suelo:agua con un potenciómetro de electrodo de vidrio y calomel (CONDUCTRONIC PC45) (Jackson, 1964), la textura con el método de Bouyoucos (Bouyoucos, 1962), el nitrógeno por el método semimicro Kjeldhal (Bremner, 1965), el fósforo extractable por el método Bray (Bray y Kurtz, 1945), la capacidad de intercambio catiónico por saturación de amonio con acetato de amonio 1N pH 7 (Chapman, 1965), el potasio, calcio y magnesio intercambiables fueron extraídos con la solución de acetato de amonio 1N pH 7 (Chapman, 1965) y cuantificados por espectrofotometría (SpectrAA 220FS); el hierro, zinc y cobre se extractaron con la solución de DTPA (Ácido Dietilen triamino penta acético) 0.005M (Lindsay y Norvell, 1978) y se cuantificaron por espectrofotometría (SpectrAA 220FS).

#### **4.5.6 Muestreo y análisis vegetal**

Los muestreos foliares se tomaron hojas a la altura media de la copa, en los cuatro puntos cardinales del árbol de litchi. El primer análisis se realizó para conocer el estado nutricional inicial de los árboles el día 5 y 6 de noviembre de 2009. Posteriormente se hicieron otros tres muestreos foliares para ver el aprovechamiento de los nutrientes según los tratamientos de fertilización y conocer la concentración crítica; el primero se muestreo el 14 y 16 de mayo de 2010, el segundo el 20 y 21 de octubre de 2010, y el último el 25 mayo de 2011, este último, solo se realizó en el rancho “El Refugio”, por ser el único en donde se evaluó el rendimiento el último año.

En la toma de muestra se seleccionaron los folíolos maduros de ramas del año, que se encuentran inmediatamente después de una brotación de panícula o inflorescencia (Menzel y Waite, 2005). Los folíolos se lavaron con agua corriente y agua desionizada, se colocaron en una bolsa de papel y se secaron en una estufa (THOMAS SCIENTIFIC) a 75 °C, durante 72 horas (Hundal y Arora, 1993). La materia seca de las hojas se molió en un molino de acero inoxidable Willey, usando una malla del número 20, y de esta muestra se tomaron las cantidades necesarias para las determinaciones nutricionales (Chamman y Pratt (1979).

La extracción del nitrógeno se determinó mediante el método de semimicro-Kjeldahl (Bremmer, 1965), el fósforo mediante el método colorimétrico con el vanadato-molibdato y medido por espectrofotometría, el potasio se cuantificó en un fotómetro de emisión de llama por absorción atómica (SpectrAA 220FS), calcio, magnesio y micronutrientes por espectrofotometría de absorción atómica (SpectrAA 220FS) según Chapman y Pratt (1979).

#### **4.5.5 Lecturas SPAD-502**

Las lecturas SPAD (SPAD-502) evalúan la intensidad del color, a mayor lectura, el color de la hoja presenta un verde más intenso, y por consiguiente estima el contenido de clorofila en las hojas, sin destruir el tejido. En cada árbol se hicieron mediciones con SPAD en los cuatro puntos cardinales, utilizando el limbo de cada foliolo maduro, y con ello se obtuvo un solo valor promedio los diferentes tratamientos y las repeticiones correspondientes. Estas mediciones se llevaron a cabo el 20 y 21 octubre de 2010 en los dos sitios experimentales, rancho “El refugio” y “La Ceiba, Nuevo Cerro Mojarra”, respectivamente (SPAD-502, Soil Plant Analysis Development, de Minolta, Spectrun Technologies Inc., Illinois, USA) (Rodríguez *et al.*, 1998).

#### **4.5.6 Peso de brotes vegetativos**

El 14 y 15 de mayo 2010 próximo a la cosecha de litchi, Se observó que había producción de fruta en los diferentes tratamientos. También se observaron diferencias en el color del follaje y producción de nuevos brotes del año en relación a los tratamientos. Se tomó la decisión de evaluar el peso seco de estos brotes, muestreando la producción de cada uno de los árboles del ensayo. Para ello, se cortaron los brotes vegetativos en 1 m<sup>2</sup> de la copa del árbol representativo de la cantidad media de ellos. Se pesaron en fresco en una balanza granataria (KW-2610), y se tomaron 100 g en bolsas de papel para el secado en la estufa (THOMAS SCIENTIFIC) a 75 °C durante 72 horas, a peso constante y obtener el peso seco de los brotes. Se calculó el porcentaje de materia seca y con ello se determinó a partir del peso fresco, el peso seco de un m<sup>2</sup> de la superficie del árbol. La evaluación se realizó, dividiendo la copa del árbol en sus puntos cardinales (N, S, E y O) dándole un valor de 25% a cada superficie del cuadrante, cuya suma da el 100%. Se cuantifico el porcentaje de superficie ocupada por brotes vegetativos en el cuadrante y la suma total por cuadrante fue el porcentaje total ocupada por brotes en el árbol. El porcentaje de brotes ocupado en el árbol se multiplicó por el

peso seco de un m<sup>2</sup> y después por la superficie lateral del árbol. La copa del árbol de litchi tiene la forma aproximada de un cono, cuya superficie lateral se calcula con la siguiente fórmula  $Al = \pi r g$ , en donde  $Al$ = área lateral,  $r$ = radio de la base,  $h$ = altura de la base a la punta del cono y  $g$ = generatriz del cono (hipotenusa) que se calcula con la siguiente fórmula  $g = \sqrt{h^2 + r^2}$  (Caballero *et al.*, 1993).

#### 4.5.7 Extracción nutrimental

La extracción nutrimental se determinó conociendo los kilogramos de rendimiento de brotes vegetativos por árbol del subcapítulo anterior, se multiplicó por el contenido nutrimental ya determinado en el subcapítulo de muestreo foliar vegetativo por cada tratamiento. Las concentraciones previamente fueron transformadas a kilogramos de N, P y K.

#### 4.5.8 Área foliar

Se observó que los árboles tenían diferentes cantidades de follaje, de acuerdo a los tratamientos. Esto llevó a la decisión de cuantificar el área foliar para evaluar las diferencias entre los tratamientos. Para ello, se cuantificó el peso total de follaje de 0.0625 m<sup>2</sup> en cuatro puntos cardinales de la copa del árbol, se muestrearon al azar 20 hojas del peso total de follaje, se pesaron y se midió el área foliar con un medidor Li-cor LI-3000 (Lincoln, Nebraska, U.S.A), que permitió la determinación de este valor en los 0.0625 m<sup>2</sup> por la relación peso-área foliar. Se sumaron los valores anteriores para obtener el área foliar en 0.250 m<sup>2</sup>, que es el resultado de 0.0625 m<sup>2</sup> por cuatro puntos muestreados en el árbol. Finalmente, con los valores anteriores se calculó el área foliar total por árbol conociendo su superficie total. Se utilizó la misma superficie total que se calculó en subcapítulo de rendimiento de brotes vegetativos.

#### **4.6 Análisis estadístico**

Los datos obtenidos de las variables evaluadas se analizaron, con un análisis de varianza, comparación medias mediante la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) y correlaciones de pares de datos de algunas variables, mediante el paquete estadístico SAS (Statistical Análisis System versión 9.0, 2004).

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Precipitación y temperatura

La precipitación promedio del 2009 al 2011 es uno de los factores que benefician la producción de la fruta de litchi.

#### 5.1.1 San José Chiltepec

En la Figura 10, se presenta la precipitación mensual en el periodo del 2009 al 2011. Los meses de mayor precipitación son de junio a diciembre, con 2983 mm, y los meses de menor precipitación de enero a mayo, con 229.8 mm. La etapa importante es de enero a mayo que corresponde a la floración, amarre, desarrollo y rendimiento de fruto. En este periodo la variedad "Brewster" recibió una precipitación de 234.2 mm, que es ligeramente superior a la que requiere el cultivo para una buena floración (Galan, 1990). En los meses de enero a mayo la precipitación fue de 229.8 mm que corresponde a las etapas de desarrollo y crecimiento de la fruta, sin embargo la lluvia fue muy errática y hubo meses sin precipitación, presentando los árboles una clara deficiencia de agua.

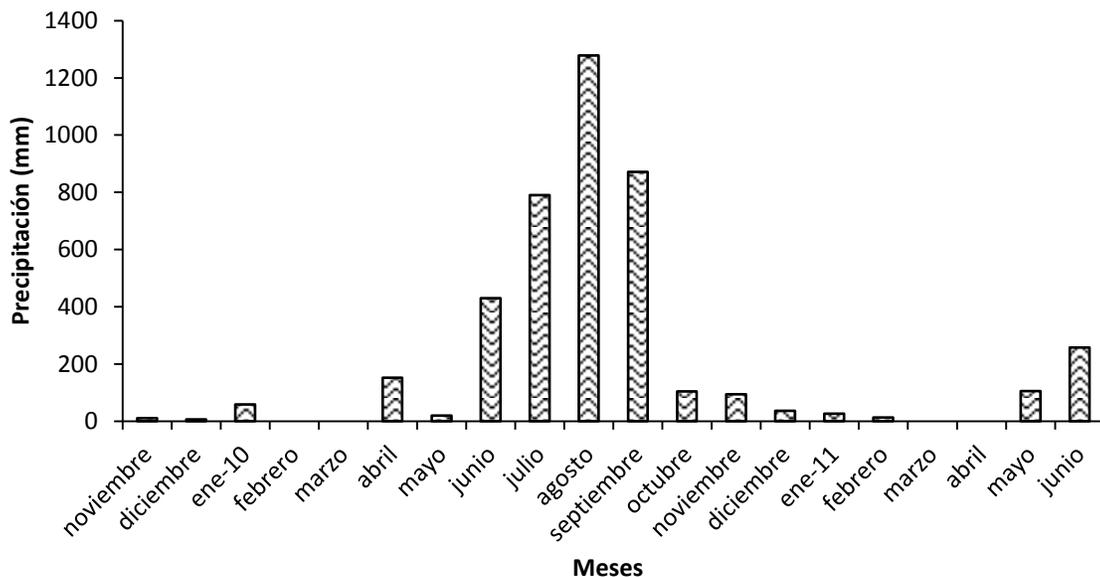


Figura 10. Precipitación de los meses de noviembre del 2009 a junio 2011 de la estación del Refugio de San José Chiltepec (INIFAP, 2011).

En la Figura 11, se presentan los promedios de las temperaturas mensuales de periodo de 2009 al 2011. Las primeras etapas en el desarrollo de la yema floral de litchi las temperaturas que se requieren son menores de 20 °C y mayores de 10 °C. En la variedad “Brewster” la temperatura promedio mínima mensual fue de 18.9 °C en noviembre y 18.1 °C en diciembre de 2010, y en enero de 2011 de 15.6 °C (Figura 11). Estas temperaturas son las ideales para la diferenciación de yemas florales según Menzel y Simpson (1995 ); sin embargo, en el 2010 las temperaturas mínimas fueron en noviembre de 6.8 °C y diciembre de 7.0 °C, y en enero de 6.8 °C en 2011, que están fuera de los límites requeridos para la una buena floración de litchi.

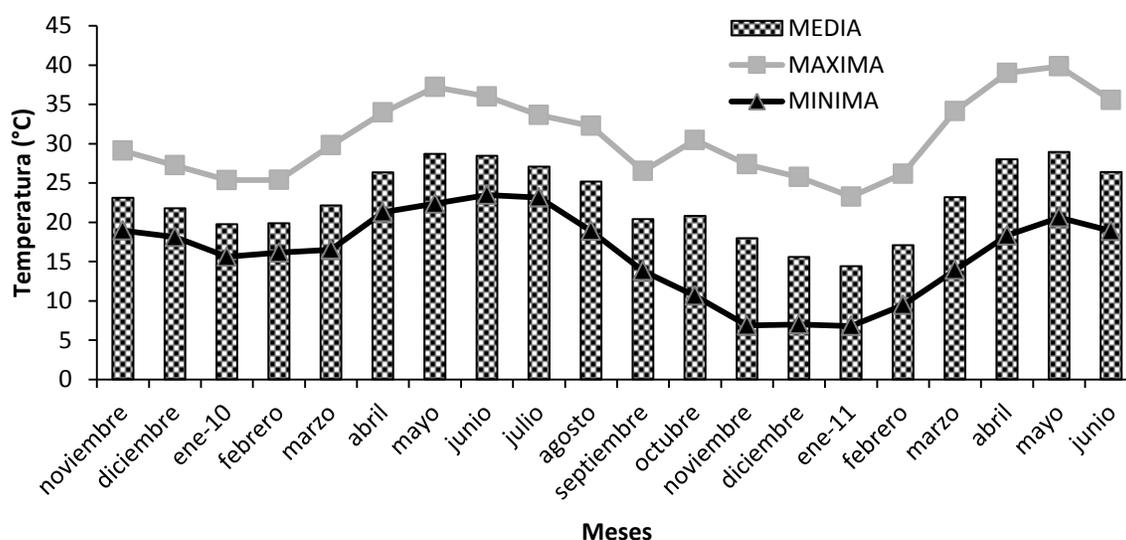


Figura 11. Se presenta promedio de temperaturas de los meses de noviembre del 2009 a junio 2011 de la estación de San José Chiltepec, Oaxaca.

### 5.1.2 Nuevo Cerro Mojarra

El periodo de menor precipitación es de enero a mayo con 244.4 mm, y el de mayor precipitación es de junio a diciembre con 2950 mm.

En este periodo “Mauritius” tuvo una precipitación de 126.4 mm, que es menor a la que requiere el cultivo para una buena floración (Galan, 1990). En los meses de enero a mayo la precipitación fue de 244.4 mm que corresponde a las etapas de

desarrollo y crecimiento de la fruta. Sin embargo, la lluvia fue muy errática y hubo meses sin precipitación presentando los arboles una clara deficiencia de agua. Esto se corrobora con la propuesta que hizo Menzel *et al.* (1995b) y Menzel (1983), que la sequía afecta la floración, después de la inducción floral, etapa en la que se recomiendan riegos ligeros para evitar la sequía. Un trabajo en el sur de África (Tang *et al.*, 2010; Menzel *et al.*1995c; Menzel y Simpson, 1994; Nakata y Suehisa (1969) demostró que una severa sequía después de emergencia de la panícula hasta la cosecha hay una reducción de tamaño y rendimiento en la fruta en “Tai So”.

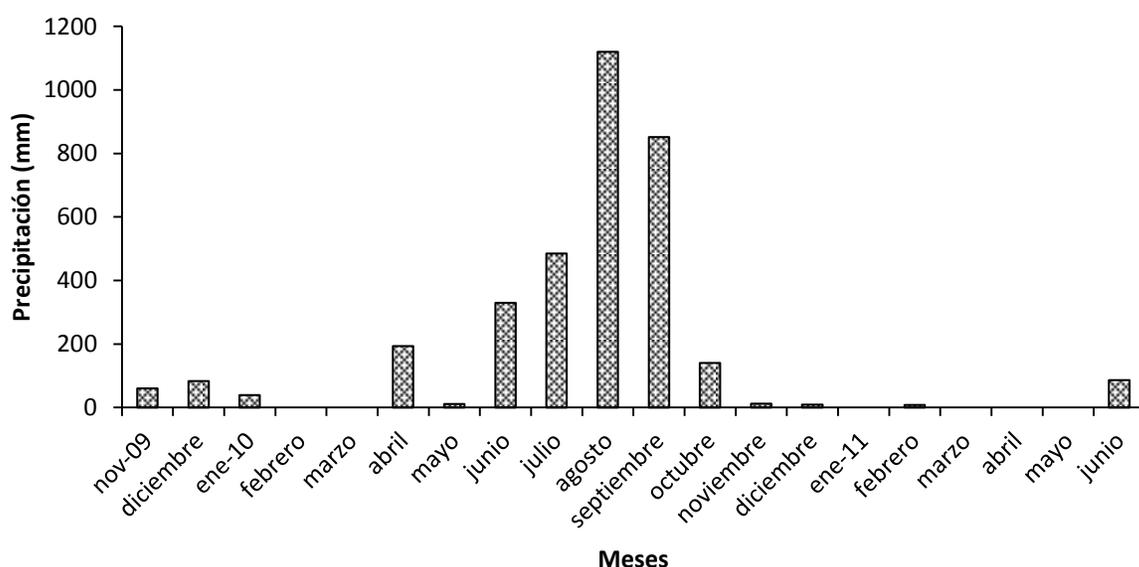


Figura 12. Precipitación de los meses de noviembre del 2009 a junio 2011 de la estación de Santiago Yaveo, Nuevo Cerro Mojarra (INIFAP, 2011).

Las temperatura mensuales del 2009 al 2011 se muestran en la Figura 13, obtenidas de la estación de Santiago Yaveo en la variedad “Mauritius”. En las primeras etapas en el desarrollo de la yema floral de litchi las temperaturas que se requieren son menores de 20 °C y mayores de 10 °C. Las temperaturas mínimas en los meses de noviembre y diciembre del 2009 fueron 15.0 y 12.9 °C respectivamente, y en enero del 2010 de 11.6 °C. Estas temperaturas son las ideales para la diferenciación de yemas florales según Menzel y Simpson (1995), Davenport (2000). Sin embargo, en el 2010 las temperaturas mínimas en noviembre y diciembre fueron 18.9 y 16.2 °C, y en enero de 2011 de 17.6 °C, que

son los límites requeridos para la una buena floración de litchi. Lo anterior implica que el proceso inducción floral se produjo con una temperatura promedio de 17.5 °C, que es alta, comparado con los resultados obtenidos por Crane y Schaffer (2004) quienes encontraron que las temperaturas límites para la producción de la variedad “Mauricio” en Florida fueron de 13 a 16 °C a partir de noviembre a enero. O'Hare, (2002); Menzel y Simpson (1988) reportan que todos los cultivares de litchi florearón con las temperaturas día/noche fueron de 15/10 °C y cuando se observaron las temperaturas día/noche de 25/20 °C o superior se presentó solo crecimiento vegetativo.

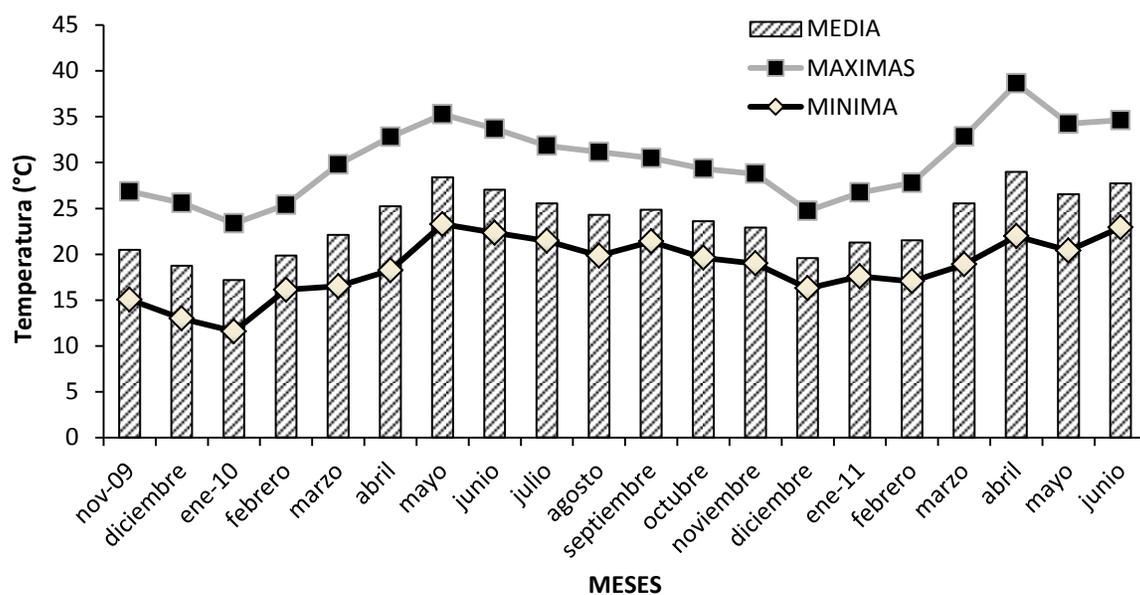


Figura 13. Se presenta promedio de temperaturas de los meses de noviembre de 2009 a junio de 2011 del rancho la “Ceiba” en Nuevo Cerro Mojarra, Oaxaca.

### 5.3 Análisis de suelo

Las muestras de suelo obtenidas de 0 a 20 cm de profundidad para conocer sus características físicas, químicas y nutrimentales se presentan en el Cuadro 8. La textura del suelo del rancho “Refugio” es arcillo-limoso y en el rancho la “Ceiba” es franco-arcillo-arenoso (Menzel, 2001; Fallahi, 2002). Es muy importante realizar un análisis de suelo para conocer y maximizar la eficiencia del uso de los fertilizantes

en la producción de cultivos (Vos, 1996). El Cuadro 8 se muestran los valores de pH y materia orgánica están por debajo del límite crítico establecido por Menzel *et al.*, (1992a), para el desarrollo adecuado del cultivo.

Cuadro 7. Análisis de suelo de litchi al inicio.

Rancho	Método	pH	m.o.	Nt	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
		1:2 H <sub>2</sub> O	Walkley Black	Kjeldahl	Bray	NH <sub>4</sub> OAc1NpH7			-----DTPA-----			
			-----%-----		mgkg <sup>-1</sup>	-----meq/100-----				-----mgkg <sup>-1</sup> -----		
Refugio		5.21	2.3	0.10	14	0.5	3	0.6	43	1.9	1.3	16
Ceiba		5.29	0.6	0.05	10	0.3	2.0	0.2	36	0.3	0.4	13
+Límite crítico	min.	5.5	2.5	0.12	15	0.5	3.0	2.0	---	1.0	2.0	10
	max.	7.0	4.0	0.22	30	1.0	5.0	4.0	---	3.0	15	50

---No existe información para Fe. + (Menzel *et al.*, 1992a).

En el rancho el “Refugio”, los valores obtenidos de análisis de suelo y comparados con límites críticos (Menzel *et al.*, 1992a), se consideran deficientes en la mayoría de los elementos, solo K y Mn están muy cercanos del límite crítico del Cuadro 8, lo cual señala que se recomiendan realizar aplicaciones de nutrientes correspondientes para incrementar estos elementos esenciales en el suelo y mejorar la disponibilidad para la plantas.

En el rancho la “Ceiba” todos los elementos esenciales están por debajo de los límites críticos propuestos por Menzel *et al.* (1992b). Esto indica que se requieren aplicaciones de fertilizantes para abastecer adecuadamente de los nutrientes, a la planta.

La relación entre la dosis de fertilizantes y la concentración de nutrientes en el suelo deben tomarse muy en cuenta en la fertilización de acuerdo al tipo particular del suelo (Walsh y Beaton, 1973; Rouse, 1968). La concentración de nutrientes en el suelo permite determinar la dosis de fertilización necesaria para aumentar las concentraciones de nutrientes del suelo a niveles suficiente de N, P y K, los cuales son más demandados en la producción de fruta, que según Chamhum *et al.* (2006b); Menzel *et al.* (1992cb) se requieren en el siguiente orden K> N> P>

Mg> Ca. Las tasas de fertilización de los cultivos suelen determinarse a partir de las concentraciones de nutrimentos en el suelo (Brady y Weil, 2002). De esta manera los nutrimentos son extraídos y removidos por el cultivo, y habrá que reponer estos para mantener un suelo sustentable.

En la literatura se reporta que la aplicación de Ca mejora el peso y calidad del fruto (Sivakumar y Korsten, 2007); el Zn ayuda a reducir la caída del fruto, aumenta el rendimiento y mejora su calidad; el B aumenta el amarre de fruto y reduce el agrietado. En suelos ácidos una aplicación de 10 a 15 kg de cal por árbol cada tres años, aumenta el rendimiento del litchi en Australia (Singh y Babita, 2002; Menzel, 2002a).

Según las dosis recomendadas, la primera mitad se debe de aplicar después del amarre del fruto, en el mes de marzo y abril, mientras que la otra mitad de la dosis se recomienda aplicar inmediatamente después de la cosecha. Después de la aplicación de fertilizantes, la irrigación de los árboles es esencial para mantener adecuadamente la humedad del suelo (Damour *et al.*, 2008; Zee *et al.*, 1999).

#### **5.4 Análisis vegetal**

Al inicio del ensayo en el mes de noviembre del 2009, antes de la floración se tomaron muestras foliares de hojas amarillas o cloróticas y color verdes intenso, a la altura media de la copa del árbol con el propósito de conocer su estado nutrimental. Estos datos se presentan en el Cuadro 7, de los dos ranchos el “Refugio” y “Ceiba”.

Cuadro 8. Análisis foliar de litchi al inicio.

Rancho	Hoja de color	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	S
		-----%-----					-----mg kg <sup>-1</sup> -----				
Refugio	amarilla	0.81	0.12	0.62	0.58	0.28	49	7	15	76	880
	verde	1.22	0.15	1.02	1.07	0.36	59	12	18	112	915
Ceiba	amarilla	0.94	0.12	0.56	0.46	0.23	48	12	14	49	845
	verde	1.22	0.13	0.99	0.60	0.26	56	14	15	50	845
+Límites críticos	mínimo	1.5	0.14	0.7	0.6	0.3	50	10	15	100	---
	máximo	1.8	0.22	1.1	1.0	0.5	100	25	30	250	---

---No existe información para S. +Menzel *et al.* (1992b).

En el rancho “Refugio” al comparar los valores obtenidos de los análisis foliares del Cuadro 7 con los límites críticos de árboles de litchi obtenidos por Menzel *et al.* (1992b), en Australia. La concentración de nutrimentos foliares obtenidos en las hojas de color amarillo están bajos de los límites críticos y las hojas de color verde están deficientes en N, se concluye que se requiere de aplicación de nutrimentos para recuperar la calidad de los árboles y que no se disminuyan los rendimientos.

En el rancho la “Ceiba” los análisis foliares se compararon en el Cuadro 7 con los límites críticos de litchi propuestos por Menzel *et al.* (1992b). Los arboles con hojas amarillas presentan deficiencia de todos los elementos esenciales y en las hojas verdes hay deficiencias de N, P, Ca, Mg y Mn, esto indica que se requieren aplicación de nutrimentos, esto concuerda con lo encontrado por Valdivia *et al.*, (2010).

La revisión de la información muestra de manera general que hay necesidades de nutrimentos y prácticas de fertilización en litchi con dosis ajustadas de acuerdo a los requerimientos. Es importante optimizar los programas de fertilización con el fin de maximizar el rendimiento de fruta de buena calidad (Embleton *et al.*, 1996), reduciendo al mínimo cantidades innecesarias de fertilizantes químicos, para evitar los riesgos de impacto ambiental (Alva *et al.*, 2003).

Los nutrientes son esenciales para el buen crecimiento, desarrollo de los árboles y producción comercial deseable (Davies y Albrigo, 1994). La fertilidad de los suelos varía considerablemente en la región donde se cultiva el litchi. Por consiguiente el manejo del suelo, variedad de la planta y otras prácticas agronómicas son necesarios para un eficiente aprovechamiento de todos los nutrimentos (Menesatti *et al.*, 2010; Song *et al.*, 2007).

## 5.5 Floración de copa

### 5.5.1 Floración de copa 2010

En el ciclo 2010 los resultados obtenidos de floración de copa no hubo respuesta acorde a los tratamientos. Estos datos se presentan en las Figuras 14 y 15, y en ellas se puede observar que el tratamiento 0, 50 y 100% más elementos menores y cal en el Rancho el “Refugio” fueron los únicos que produjeron flores. En el Nuevo Cerro Mojarra se obtuvo un gradiente de disminución de la cantidad de flores producidas por la aplicación de 0 a 100% de la formula base. Sin embargo, se observó una producción vegetativa muy marcada en relación a la aplicación de niveles crecientes de la misma dosis.

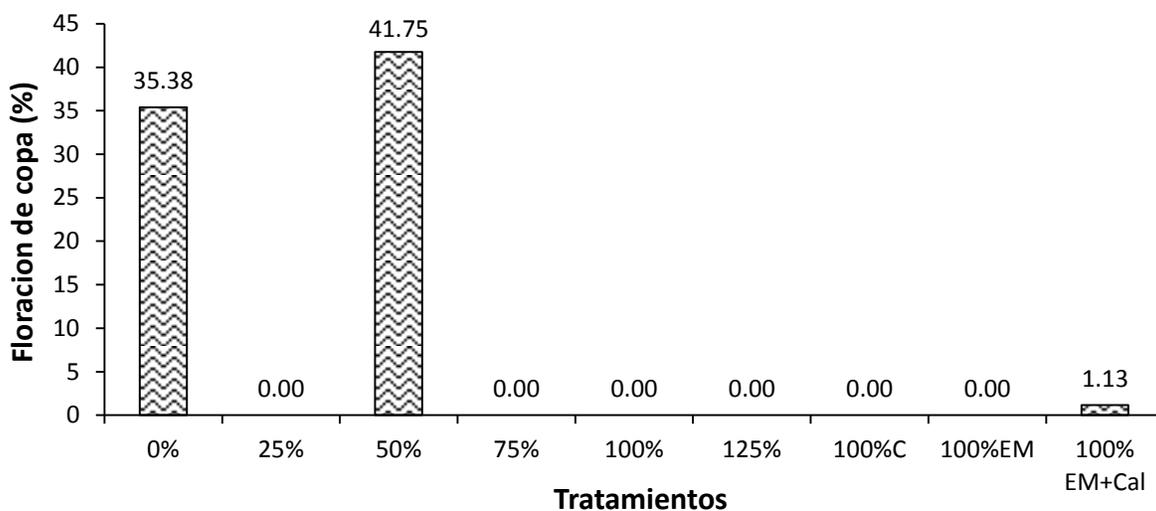


Figura 14. Floración de la copa del árbol de litchi en la variedad “Brewster” en Rancho el “Refugio”, Chiltepec, Oaxaca.

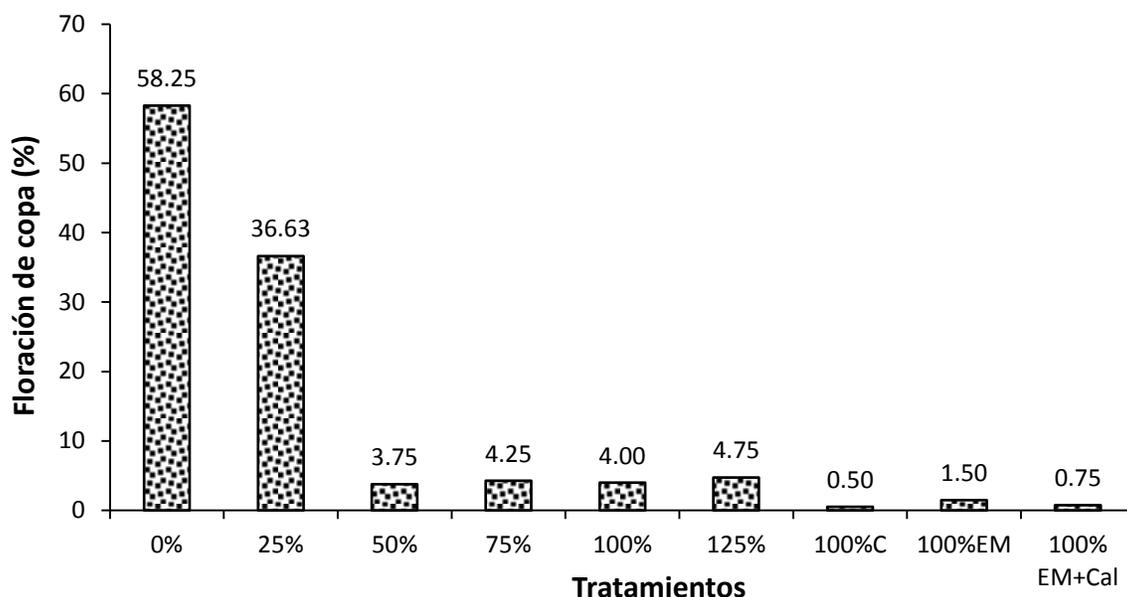


Figura 15. Floración de la copa del árbol de litchi de la variedad “Mauritius” en rancho la “Ceiba”, Nuevo Cerro Mojarra, Oaxaca.

### 5.5.2 Floración de copa 2011

En el 2011 se repitieron los tratamientos de fertilización en los dos en sitios. La floración de copa como respuesta a los tratamientos de fertilización se observó claramente en función a la aplicación de los niveles crecientes de la formula base (Figuras 16 y 17).

En la variedad “Brewster” se alcanzó el mayor porcentaje de floración de copa con el tratamiento 100% de la formula base (50 N, 130  $P_2O_5$  y 50  $K_2O$ ) cuya variación floración de copa fue de 6.7% en el testigo y 38.7% en 100%. Con la aplicación de 125% de la formula base hubo un abatimiento del porcentaje de floración de 30% con respecto al 100% de la formula base. Con el 100% de la formula base más 25 kg de compost ( $3.6 t/ha^{-1}$ ) hubo una floración de 8.5%, que representa el 22% de la floración obtenida con 100% de la formula base. Sin embargo con la aplicación de 100% de la formula base más elementos menores se obtuvieron 63.7% de floración que fue el valor más alto en porcentaje de floración de acuerdo a los diferentes tratamientos. Este porcentaje de floración (63.7%) junto con las

floraciones de los tratamientos 50 y 100% de la formula base fueron superiores significativamente ( $P<0.05$ ) a todo el resto de los tratamientos (Figura 16).

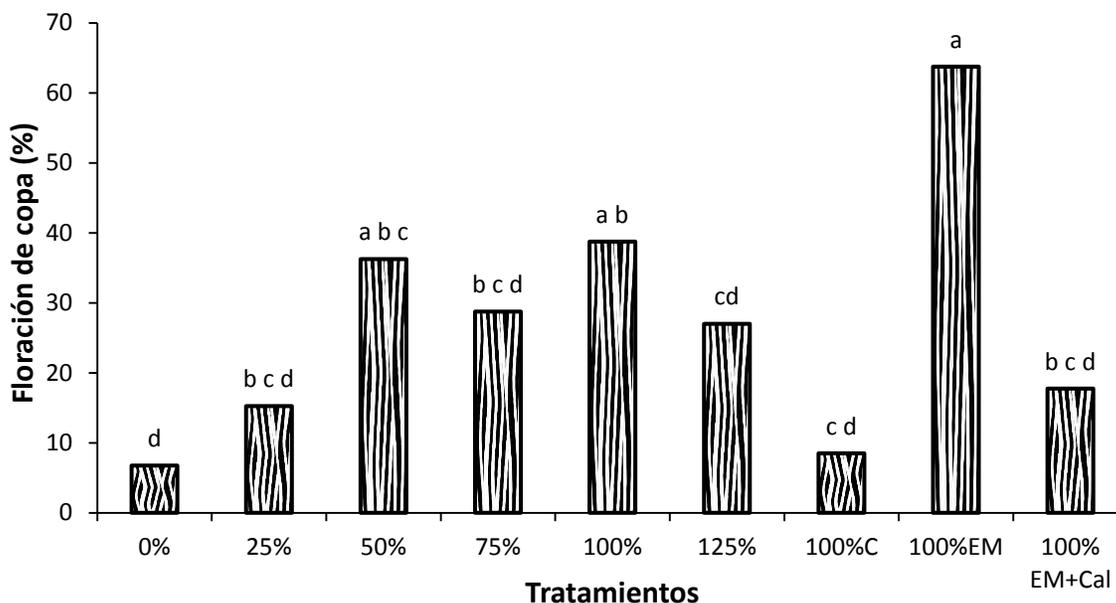


Figura 16. Floración de la copa del árbol de litchi en la variedad “Brewster” en Rancho el “Refugio”, Chiltepec, Oaxaca.

El porcentaje de floración en la variedad “Mauritius” en la localidad de Nuevo Cerro Mojarra respondió a la fertilización de N, P y K (Figura 17). El tratamiento que produjo un mayor porcentaje de floración correspondió a la aplicación de 125% de la formula base (50 N, 130  $P_2O_5$  y 50  $K_2O$ ), cuya diferencia es altamente significativa ( $p<0.05$ ) a los tratamientos 0 y 25% de fertilización. Los tratamientos adicionales fueron estadísticamente iguales al tratamiento con 125% de fertilización. Sin embargo, aunque no fue estadísticamente diferente, el tratamiento con 100% de la formula base más elementos menores produjo mayor porcentaje de floración de copa.

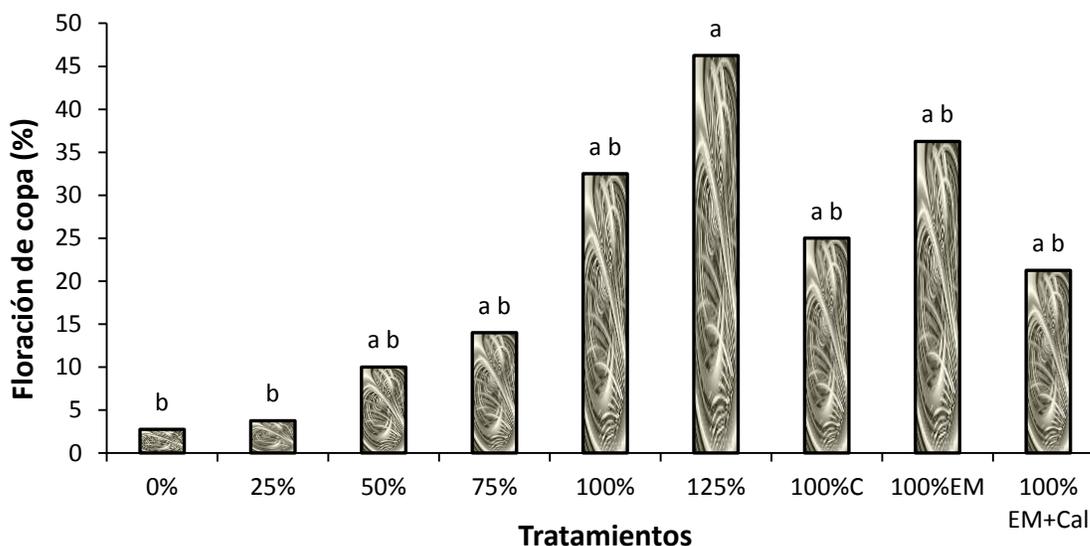


Figura 17. Floración de la copa del árbol de litchi de la variedad “Mauritius” en rancho la “Ceiba”, Nuevo Cerro Mojarra, Oaxaca.

Los resultados anteriores pueden estar relacionados con los trabajos que se han reportado sobre la floración, en el sentido de que el litchi en general requiere un período de latencia para iniciar la diferenciación de las yemas florales (Cobin, 1954). Al parecer, esta latencia puede ser inducida por varios factores, incluyendo las bajas temperaturas, estrés hídrico, fertilización, anillado y aplicaciones foliares de auxina (Menzel, 1983; 2001; Stern *et al.*, 1993 y 1998). Los brotes vegetativos que se producen junto con la emisión de yemas florales, cuando los factores favorecen este proceso, afectan negativamente la floración (Ghosh *et al.*, 1986; Menzel *et al.*, 1988; Tongumpai, 1997; Davenport *et al.*, 2000; Nagao *et al.*, 2000; Mitra y Sanyal, 2001; Li *et al.*, 2001ab). Se recomiendan aplicaciones oportunas de fertilizantes, para no incurrir en un cambio de latencia, ya que los estudios han mostrado que las fertilizaciones deben hacerse al terminar la cosecha para que el cultivo recupere los nutrimentos consumidos por la carga de la fruta y después de la floración para el marre y desarrollo del fruto (Diczbalis, 2008).

## 5.6 Producción de fruta

### 5.6.1 Producción 2010

Los rendimientos de fruta en en las localidades, para el ciclo 2010, coincidieron con los datos de floración de los tratamientos. Es decir los mismos árboles que produjeron flores fueron los que rindieron fruta. En la variedad “Brewster” los árboles tratados con 0 y 50% de la formula base de fertilización produjeron en promedio 2.03 y 4.71 kg árbol<sup>-1</sup> respectivamente. El resto de los arboles con otros niveles de fertilización, no produjeron fruta (Figura 18). Según informaciones del propietario el comportamiento en el desarrollo de los árboles fue muy irregular, es decir había árboles que empezaban a florecer y otros que no mostraban todavía indicios de floración. En la variedad “Mauritius” (Figura 19) se observó el mismo comportamiento que en la “Brewster” en la producción de fruta. Los tratamientos 0, 25, 75 y 125% de la fórmula de fertilización base fueron los únicos que rindieron fruta sin seguir alguna tendencia en relación a los niveles de fertilización. La Figura 20 muestra los rendimientos de fruta que se obtuvieron en el ensayo de Nuevo Cerro Mojarra, los cuales fueron muy bajos en comparación a la producción de años anteriores. Pero sí se observó una producción de brotes vegetativos muy vigorosos de color verde intenso según las dosis de fertilización, esto es similar a trabajos hechos en la Floridad por Nagao *et al.* (2000); Li *et al.* (2001a) en las mismas variedades. Esta observación dio la idea de cuantificar la producción de brotes vegetativos y la intensidad del color verde cuyos datos se presentan más adelante.

Uno de los factores que afecto la producción de fruta, posiblemente fueron las temperaturas invernales altas que se presentaron en los últimos dos meses 2009. Según Menzel y Simpson (1994) los arboles de litchi requieren entre 180 a 200 horas frio (10 a 16 °C) para que haya estimulo de la emisión de yemas florales. Si este número de horas frio no se completan puede haber emisión de yemas vegetativas. Una razones por las cuales no hubo producción de fruta en el 2010, la

baja respuesta a la fertilización de los árboles perennes en el primer año y que no es igual lo que se observa en el caso de los cultivos anuales (Menzel, 2002a). Sin embargo en el segundo año sí se observó la respuesta a la fertilización en la producción de fruta.

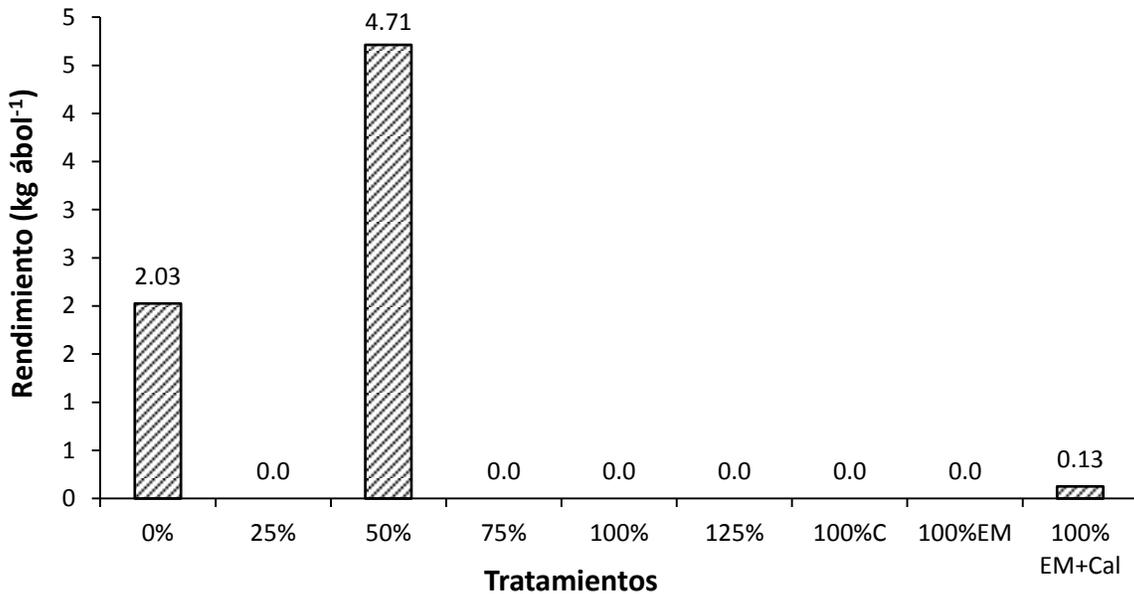


Figura 18. Rendimiento promedio de fruta de litchi de la variedad “Brewster” en Rancho el “Refugio”, Chiltepec, Oaxaca.

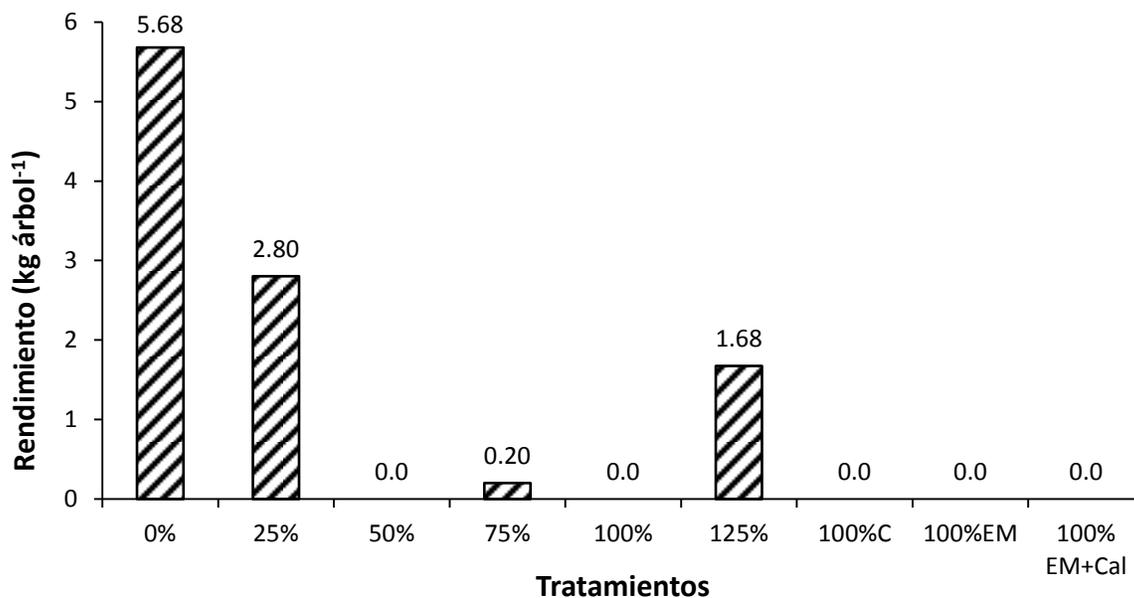


Figura 19. Rendimiento promedio de fruta de litchi de la variedad “Mauritius” en rancho la “Ceiba”, Nuevo Cerro Mojarra, Oaxaca.

### 5.6.1 Producción 2011

En el 2011 el rendimiento promedio de producción de fruta en la variedad “Brewster”, vario de 0.26 a 1.88 kg árbol<sup>-1</sup> en los tratamiento de niveles crecientes de la dosis de fertilización base (0 a 125%), pero no hubo diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre ellos, como se observa en la Figura 20. El tratamiento 100% más elementos menores (EM), resultó con un mayor promedio de producción (3.61 kg árbol<sup>-1</sup>) que fue estadísticamente diferente ( $P \leq 0.05$ ) a los otros tratamientos. Stern y Gazit (2003) mencionan que los árboles de lichi producen una gran cantidad de flores femeninas. Con base a lo anterior Stern *et al.* (1993), calculan, que un árbol de tamaño medio produce alrededor de 60 000 flores femeninas, que si prendieran todas ellas se obtendría un rendimiento de 332 t ha<sup>-1</sup>.

En nuestras estimaciones para la variedad “Brewster” se calculó un total de 543 963 flores femeninas por árbol, que convertidas a fruta tendríamos un rendimiento de 10335 kg árbol<sup>-1</sup> considerando un peso de 19 g/fruta. Pero se calcula que solo 0.56% se logra convertir en fruta, que equivale a una producción de 57 kg árbol<sup>-1</sup> de un tamaño medio. En el caso de la variedad “Mauritius” se calculó un total de 577 324 flores femeninas que convertidas a fruta (17g fruta<sup>-1</sup>) se tendría un rendimiento de 9 814 kg árbol<sup>-1</sup>. Pero se calcula que solo el 0.56% se logra convertirse en fruta, que equivale a un rendimiento de 54 kg árbol<sup>-1</sup>. Sin embargo, para árboles de 7 años de edad de la variedad “Brewster” en Chiltepec, los rendimientos obtenidos variaron 0.26 a 3.6 kg árbol<sup>-1</sup>, en el 2011. En la variedad “Mauritius” en Nuevo Cerro Mojarra los rendimientos variaron de 0.2 a 5.6 kg árbol<sup>-1</sup>, en el 2010. Sin embargo, a nivel comercial y en huertos bien manejados agrónomicamente de la misma región se han obtenido rendimientos máximos 30 a 60 kg árbol<sup>-1</sup>, que equivalen a un rendimiento de 6.7 y 13.5 t ha<sup>-1</sup> respectivamente. Los cálculos anteriores demuestran la caída masiva de flores y frutos que ocurre durante el primer mes después de la polinización (Mitra *et al.*, 2005; Stern *et al.*, 1995). La intensidad abscisión de flores y caída de frutos varía según la variedad, condiciones ambientales y prácticas culturales (Stern y Gazit, 2003).

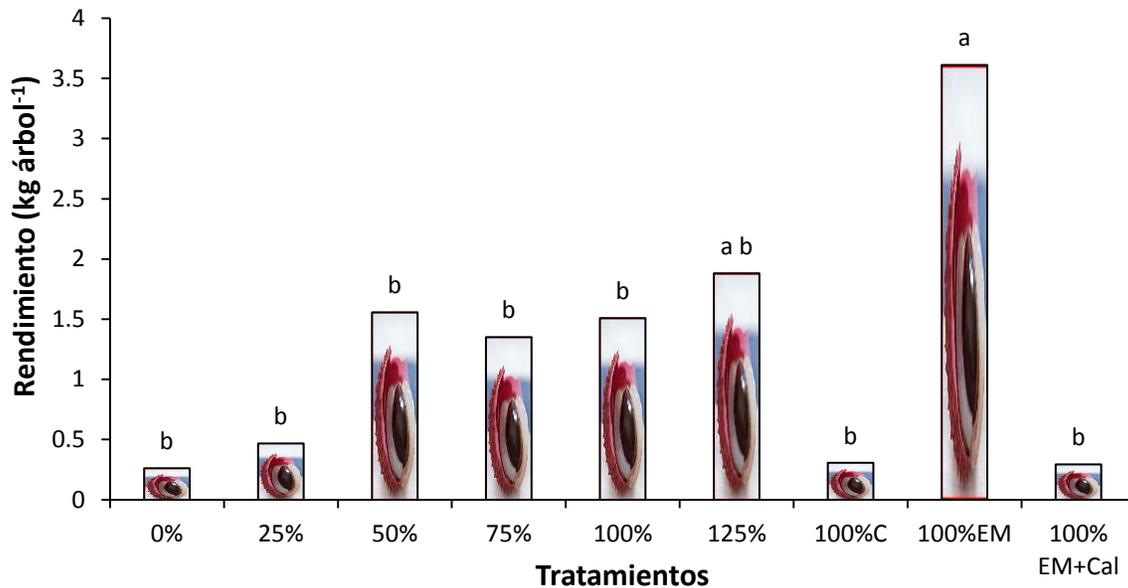


Figura 20. Rendimiento promedio de fruta de litchi de la variedad “Brewster” en Rancho el “Refugio”, Chiltepec, Oaxaca.

En general se observó que el rendimiento se incrementó en relación a la aplicación de mayores cantidades de N, P y K. Los tratamientos con mayor rendimiento de fruta fueron los que recibieron de 50 a 125% de la fórmula base con excepción de los tratamientos de 100% más compost y 100% más elementos menores y cal. Posiblemente la cal y la mala calidad de la compost influyeron en el bajo rendimiento de estos tratamientos (Cox *et al.*, 2001)

### 5.7 Contenido de N, P y K

En el Cuadro 9 se muestran los resultados del análisis de tejido vegetal de las hojas de maduras del año, colectadas después de la cosecha en mayo 2010.

En la variedad “Brewster” la concentración de nitrógeno fue mayor en los tratamientos que recibieron la mayor cantidad de fertilizante 100, 125, 100% más Compost y 100 más elementos menores y cal, cuyas concentraciones fueron 1.22, 1.24, 1.20 y 1.21% respectivamente. Los valores del Cuadro 9 fueron estadísticamente diferentes a los demás tratamientos ( $P \leq 0.05$ ). El tratamiento con 0% de fertilizante (testigo) mostro menor concentración de N (1.01%).

Cuadro 9. Concentración nutrimental en hojas de litchi en las dos variedades.

Tratamiento	Brewster			Mauritius		
	N	P	K	N	P	K
	-----%-----					
0%	1.01 d	0.08 d	0.62 d	1.09 d	0.07 e	0.70 c
25%	1.08 c	0.10 c	0.69 d	1.11 cd	0.10 d	0.80 b
50%	1.11 c	0.19 ab	0.77 c	1.21 abcd	0.15 bc	0.95 ab
75%	1.17 b	0.19 ab	0.84 bc	1.17 bcd	0.15 bc	1.00 a
100%	1.22 a	0.20 a	0.89 ab	1.34 a	0.16 b	0.99 ab
125%	1.24 a	0.21 a	1.04 a	1.35 a	0.18 a	1.05 a
100%C	1.20 ab	0.15 bc	0.87 b	1.26 abc	0.19 a	1.01 a
100%EM	1.17 b	0.14 c	0.72 dc	1.22 abcd	0.15 bc	0.89 b
100% EM+Cal	1.21 ab	0.17 abc	0.86 b	1.32 ab	0.16 b	0.93 ab

+Límites críticos (N 1.5-1.8) (P 0.14-0.22) (K 0.7-1.1)

Promedios seguidos de la misma letra, dentro de cada columna, no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). Compost (C), Elementos Menores (EM) y Elementos Menores y Cal (EM+Cal). +Menzel *et al.* (1992b).

En la variedad “Mauritius” los tratamientos que recibieron más de 100% de fertilizante de la fórmula base, presentaron concentraciones más altas de nitrógeno, y estas fueron estadísticamente superiores ( $P \leq 0.05$ ) a la concentración del resto de los tratamientos. Pero estos resultados de la concentración de nitrógeno en ambas variedades fueron inferiores a los valores críticos de 1.5% como mínimo a 1.8% como máximo establecido por Menzel *et al.* (1992b).

En la variedad “Brewster” el contenido de fósforo foliar incremento con la dosis de fertilización (50, 75, 100, 125% y 100% más elementos menores y cal). Estos resultados fueron 0.19, 0.19, 0.20, 0.21 y 0.17% respectivamente, los cuales fueron estadísticamente diferentes a los demás tratamientos ( $P \leq 0.05$ ). El tratamiento con menor contenido de P (0.08%) fue el testigo (0% de fertilización). En la variedad “Mauritius” las concentración foliares de P que fueron mayores (0.18 y 0.19%), correspondieron a los tratamientos de 125% y 100% más compost, los cuales resultaron estadísticamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ) a los demás tratamientos. En los dos huertos todos los tratamientos resultaron dentro de los niveles críticos de fósforo (0.14-0.22%) (Menzel *et al.*, 1992b) con excepción de

los tratamientos 0 y 25% de fertilización cuyas concentraciones variaron de 0.07 a 0.10% (Cuadro 9).

La concentración de potasio en la variedad “Brewster” fue mayor en los tratamientos con la dosis de fertilización 100 y 125% con 0.98 y 1.04% respectivamente. Estos dos tratamientos resultaron estadísticamente diferente ( $P \leq 0.05$ ) al resto de los tratamientos. El tratamiento testigo (0% de fertilización) presentó el menor contenido con 0.62% de K. En los arboles de litchi de la variedad “Mauritius” los tratamientos de mayor concentración fueron los que recibieron la mayor cantidad de fertilizante 75, 100, 125, 100% más Compost, cuyas concentraciones de K fueron 0.95, 1.00, 0.99, 1.05 y 1.01% respectivamente. Estos tratamientos resultaron estadísticamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ) a los demás. En la variedad “Brewster” los tratamientos 0 y 25% están abajo del límite crítico mínimo y todos los demás, en ambos huertos, están dentro de los límites óptimos de K (0.7 a 1.1%) propuestos por Menzel *et al.* (1992b) (cuadro 9).

Los análisis foliares muestran que la fertilización nitrogenada no fue suficiente para cubrir las necesidades de este elemento en la planta, puesto que todos los valores están abajo del nivel crítico mínimo. El tratamiento con 125% de fertilización presentó los valores más altos de N que fueron 1.24 para “Brewster” y 1.35% para “Mauritius”, pero ambos valores están abajo del nivel crítico mínimo. Con los niveles de fertilización fosfatada y potásica de la fórmula base si se lograron cubrir los requerimientos de estos elementos a partir de la aplicación de 125 kg/ha de  $P_2O_5$  y 50 kg/ha de  $K_2O$ . Según Diczbalis y Alvero (2005), Menzel y Simpson (1987b), Yamdagani *et al.* (1980); Koen (1977) encontraron que las deficiencias de N, P y K, evaluadas con análisis foliares limitan el rendimiento mediante la disminución del amarre y desarrollo de la fruta.

Los resultados de los análisis de tejido vegetal en hojas colectadas en el mes de octubre de 2010 en las dos variedades, se muestran en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Concentración nutrimental en hojas de litchi en las dos variedades, colectadas en octubre de 2010.

Tratamiento	Brewster			Mauritius		
	N	P	K	N	P	K
	-----%-----					
0%	1.08f	0.13e	0.71e	1.04d	0.09e	0.70d
25%	1.13ef	0.17d	0.87d	1.09d	0.11de	0.77cd
50%	1.19e	0.18bcd	0.98c	1.20c	0.12cd	0.88cb
75%	1.29d	0.18bcd	1.13ab	1.23cd	0.14bcd	0.97ab
100%	1.39b	0.20abc	1.16a	1.34a	0.15bc	1.05a
125%	1.50a	0.21ab	1.13ab	1.40a	0.18a	1.02ab
100%C	1.33bc	0.22a	1.10b	1.32ab	0.17a	1.06a
100%EM	1.38cd	0.19abcd	1.16a	1.33a	0.16ab	0.89bc
100% EM+Cal	1.37cd	0.20abc	1.15a	1.35a	0.16ab	0.89bc

+Límites críticos (N 1.5-1.8) (P 0.14-0.22) (K 0.7-1.1)

Promedios seguidos de la misma letra, dentro de cada columna, no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). Compost (C), Elementos Menores (EM) y Elementos Menores y Cal (EM+Cal). +Menzel *et al.* (1992b).

**Nitrógeno.** En la variedad “Brewster” se observó que las concentraciones de nitrógeno en la hoja se incrementaron de acuerdo a las dosis de fertilización, encontrándose que el tratamiento con 125% de fertilización reportó la mayor concentración de N (1.5%) que es límite inferior del valor crítico, el cual fue estadísticamente ( $P \leq 0.05$ ) mayor que en los demás tratamientos. El tratamiento testigo (0% de fertilización) presentó la menor concentración de N (1.08%). En la variedad “Mauritius”, la concentración de N fue mayor en los tratamientos que recibieron la mayor cantidad de fertilizante 100% y 125%, cuyas concentraciones fueron 1.34 y 1.40% respectivamente, sin llegar al valor mínimo del límite crítico. Estos valores fueron estadísticamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ) a los tratamientos que llevaron menos de 100% de fertilización. Solo el 125% de fertilización en la variedad “Brewster” se encontró dentro del límite crítico mínimo, propuesto por Menzel *et al.* (1992b). Todos los demás valores de análisis foliar estuvieron debajo de los límites críticos mínimos, indicando que el cultivo en general sufre de deficiencia de nitrógeno.

El nitrógeno es el nutrimento más importante para el crecimiento y producción de litchi. Según Khaosumain *et al.* (2005), Menzel *et al.* (1995b) y Thomas *et al.* (1995) mencionan que la deficiencia de N afecta los brotes de crecimiento, tamaño de hojas (pequeñas de color verde pálido), porcentaje de floración, retención de fruta, y longitud, diámetro y peso de la fruta. Esto se puede observar en las Figuras 23 y 24 donde se compara la coloración de las hojas del tratamiento testigo con el 100% de la fórmula de fertilización. Menzel (2002a) reporta que después de cuatro años de fertilización observo un incremento en rendimiento de fruta de 20 a 60 kg árbol<sup>-1</sup> y una concentración de N en la hoja de 0.95 a 1.56% al comparar con el tratamiento testigo (sin fertilización).

**Fósforo.** En la variedad “Brewster” el contenido de fósforo foliar incremento con la dosis de fertilización (100 y 125%). Estos resultados fueron 0.20 y 0.21% respectivamente, los cuales fueron estadísticamente mayores ( $P \leq 0.05$ ) al de los otros tratamientos. El tratamiento con menor contenido de P (0.13%) fue el testigo (0% de fertilización). En la variedad “Mauritius” las concentración foliares de P con 100 y 125% de fertilización variaron entre 0.16 a 0.18 %, los cuales resultaron estadísticamente mayores ( $P \leq 0.05$ ) a los de los otros tratamientos con dosificaciones menores de 100% de fertilización. En la variedad “Brewster” el tratamiento testigo (0% de fertilización) fue el único que resulto bajo en concentración de fósforo en la hoja (0.13%) mientras que en la variedad “Mauritius” las concentraciones que resultaron bajas fueron 0.09, 0.11 y 0.12% en los tratamientos 0, 25 y 50% de fertilización. Los límites críticos de fósforo en la hoja establecidos por Menzel *et al.* (1992b) son 0.14-0.22% para la concentración adecuada. Abajo de 0.14% de P en la hoja se considera deficiente y arriba de 0.22% excesivo según los autores anteriores. Los valores obtenidos de concentración de P indican que el caso de “Brewster” cultivado en un suelo aluvial con 25% de fertilización se cubrieron los requerimientos de P, mientras que en la variedad “Mauritius” cultivado en un Ultisol pobre en P, el requerimiento de este

elemento se cubrió solo cuando se aplicó más del 50% de la fórmula de fertilización que se usó como base para los diferentes tratamientos.

La gran importancia de fósforo se refleja en los estadios fenológicos de floración, amarre de fruto y crecimiento vegetativo. El P desempeña un papel dentro de los procesos de transformación de energía que ocurren durante los procesos anabólicos y catabólicos de los hidratos de carbono (Menzel y Waite, 2005). Cuando las concentraciones de este elemento son deficientes se producen hojas y tallos pequeños, retraso en la floración y madurez de la fruta, lo que daría como resultado bajos rendimientos (Siddiqui, 2002; Lynch *et al.*, 1974).

**Potasio.** La concentración de potasio en la variedad “Brewster” fue mayor en los tratamientos con la fórmula de fertilización 75, 100, 125%, con 1.13, 1.16, 1.13% respectivamente. Estos tratamientos resultaron estadísticamente ( $P \leq 0.05$ ) mayores al resto de las concentraciones de K. El tratamiento testigo (0% de fertilización) presentó el menor contenido con 0.71% de K. En los arboles de litchi de la variedad “Mauritius” los tratamientos de mayor concentración fueron los que recibieron la mayor cantidad de fertilizante 75, 100 y 125%, cuyas concentraciones de K fueron 0.97, 1.05 y 1.02% respectivamente. Estos tratamientos resultaron estadísticamente mayores ( $P \leq 0.05$ ) a las concentraciones de K de otros tratamientos. Las concentraciones de potasio en ambas variedades están dentro de los niveles críticos mínimo y máximo (0.7 a 1.1%) recomendados por Menzel *et al.* (1992b). Los valores de concentración de K en la hoja para la variedad “Brewster” son ligeramente mayores que las concentraciones de este elemento en la variedad “Mauritius”. Sin embargo todos los valores están dentro del contenido adecuado según los límites críticos de Menzel *et al.* (1992b). En caso de “Brewster” que esta cultivado en un suelo profundo de origen aluvial clasificado como un Entisol, este se encuentra en un suelo rico en K mientras que el caso de “Mauritius” que esta cultivado en un Ultisol pobre en K la concentración de este elemento en la hoja es ligeramente bajo pero no deficiente, que indica que este huerto posiblemente ha recibido practicas de fertilización.

Comparando los valores de concentración de potasio obtenidos antes de la floración (Cuadro 10) se observan menores concentraciones de K después de la cosecha. En estas condiciones, puede esperarse un efecto deficiente, en el consumo de K, que se requiera para abastecer las necesidades en la división celular y los procesos de crecimiento donde son más activos (Menzel y Simpson, 1987a). De acuerdo a Lynch *et al.* (1974), la división celular y muchos otros procesos, se ven estimulados por un abastecimiento adecuado de K.

La mayor concentración de N, P y K en hoja se registró en el tratamiento que recibió la formula base de fertilización (50 N, 130 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 50 K<sub>2</sub>O) y el que resulto más bajo fue en donde no se aplicó fertilizante (tratamientos testigos). El contenido de N, P, K en las hojas fue en el orden siguiente N> K> P para los dos huertos, y coincide con la relación reportada por los siguientes autores: Fan *et al.* (2005), Zhang *et al.* (2001), Li *et al.* (2000), Jiang (1997), Dai *et al.* (1995), Samra *et al.* (1987), Koen y Smart (1982); Koen *et al.* (1981).

Las deficiencias de N, P y K reducen todas las formas de crecimiento de lichi (Reis *et al.*, 2009; Koen, 1977; MaUik y Singh, 1965; Goldweber, 1959). Menzel *et al.* (1988) publicaron que el lichi presenta una fuerte demanda de N, P y K. Las hojas actúan como reservas de estos tres elementos. La aplicación de fertilizantes en el amarre de fruto beneficia y favorece el desarrollo del fruto (Sotto, 2002; Menzel *et al.*, 1992b). Los bajos rendimientos de litchi en China están relacionados con bajos contenidos de N y P en la planta, antes y después de la floración y amarre del fruto (Menzel, 2001; Menzel y Simpson, 1987a). Entre los diversos factores asociados con la producción de litchi, la nutrición equilibrada está considerada como el más importante que determina la productividad y la calidad de la fruta.

Cuadro 11. Concentración nutrimental en hojas de litchi “Brewster” colectadas después de la cosecha en mayo de 2011.

Tratamiento	N	P	K
	-----%-----		
0%	1.16d	0.13d	0.71c
25%	1.21cd	0.14cd	0.84c
50%	1.26bc	0.13d	0.94b
75%	1.26cd	0.15bcd	1.18a
100%	1.29bc	0.16abc	1.09ab
125%	1.47a	0.18a	0.96ab
100%C	1.30b	0.17ab	1.08ab
100%EM	1.34b	0.16abc	0.87bc
100% EM+Cal	1.30bc	0.18a	0.98ab

+Límite crítico (N 1.5-1.8) (P 0.14-0.22) (K0.7-1.1)

Promedios seguidos de la misma letra, dentro de cada columna, no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). Compost (C), Elementos Menores (EM) y Elementos Menores y Cal (EM+Cal). +Menzel *et al.* (1992b).

La concentración de nitrógeno en el tejido foliar no alcanzó el nivel crítico mínimo de requerimiento, en cambio la concentración de fósforo estuvo dentro de los niveles críticos a partir de una fertilización mayor de 75%. En el caso del potasio todos los valores de concentración de este elemento en el tejido foliar estuvieron dentro de los intervalos de nivel crítico satisfactorio. De acuerdo a los resultados obtenidos, el nitrógeno es el elemento que el litchi demanda en mayor cantidad durante el desarrollo vegetativo, la floración y crecimiento del fruto, lo que explicaría las concentraciones menores de este elemento observado después de la cosecha que antes de la floración (Menzel y Simpson, 1990; Menzel *et al.*, 1988; Lynch *et al.*, 1974).

En el Cuadro 11 se muestran los resultados del análisis de tejido vegetal de las hojas colectadas después de la cosecha en mayo de 2011, en la variedad “Brewster”. Las hojas en esta etapa normalmente muestran concentraciones menores de N, P y K, que en otras épocas de muestreo, en virtud de que hubo translocación de estos nutrimentos de la hoja hacia la fruta como se muestra en el Cuadro 12. Esto indica que las interpretaciones de los análisis foliares deben

hacerse en las fechas indicadas de muestreo que se utilizaron para determinar los niveles críticos establecidos.

Cuadro 12. Concentraciones de N, P y K en la variedad “Brewster”.

Fecha de muestreo	N	P	K
		%	
Antes de la floración	1.30 (100)	0.19 (100)	1.04 (100)
Después de la cosecha	1.29 (99)	0.16 (83)	0.95 (91)
Diferencia	(-1)	(-17)	(-9)

En los análisis realizados en mayo del 2010 y 2011 después de la cosecha se encontró una disminución en la concentración N, P y K en la hoja, información que es idéntica a los valores encontrados por Li *et al.* (2001a), en Florida para las dos variedades “Brewster” y “Mauritius”. La recuperación de estas concentraciones parece ser rápida ya que un mes después de fertilización, las concentraciones se incrementaron nuevamente (Fan *et al.*, 2005; Menzel *et al.*, 1988; Lynch *et al.*, 1974). Cuando la concentración de N en las hojas es menor de 1.2% disminuye el crecimiento de brotes vegetativos (Figuras 25 y 26) y el color verde de las hojas (Menzel *et al.*, 1995b) (Figuras 23 y 24). De acuerdo a la información anterior es posible que la productividad disminuya mucho antes de la presencia de de hojas amarillas o cloróticas.

### 5.8 Mediciones SPAD 502

El medidor de clorofila SPAD-502 estima el contenido de clorofila en las hojas, sin destruir el tejido. El valor de las mediciones se calcula con base en la cantidad de luz transmitida por la hoja a dos longitudes de onda, en las cuales la absorbancia de la luz (que es inversamente proporcional a la reflectancia) es diferente; la luz emitida por el aparato corresponde a la luz (650 nm de longitud de onda) e infrarroja (940 nm de longitud de onda). La luz pasa a través de la hoja, llega a un receptor, y convierte en la luz transmitida en una señal eléctrica. La señal es llevada a un amplificador y de ahí se convierte en una señal digital, la cual es

usada por un microprocesador para calcular el valor SPAD (adimensional), que corresponde al contenido relativo de clorofila (Villar, 2007). Hay una relación directa entre la lectura SPAD y el contenido de N en la planta, ya que este último es necesario para la síntesis de clorofila, por lo tanto, cuantificar el verdor en las hojas y la eficiencia de los procesos fotosintéticos (Debaeke *et al.*, 2006).

En las Figuras 21 y 22 se presentan los datos de SPAD obtenidas en las dos variedades de litchi “Brwster” y “Mauritius”.

En la variedad “Brewster” los resultados de las lecturas SPAD se incrementaron de acuerdo a la dosis de fertilización. El tratamiento 125% de fertilización reporto el valor más alto de SPAD (45.4 unidades). Los demás valores de los tratamientos fueron menores que el del tratamiento 125% de fertilización donde se aplicó la mayor cantidad de N. Este valor fue estadísticamente diferente ( $P \leq 0.05$ ) a los demás tratamientos y el que resulto más bajo fue en el tratamiento donde no se aplicó fertilizante (testigo 0% de fertilización) cuyo valor fue de 32.9 unidades SPAD (Figura 21).

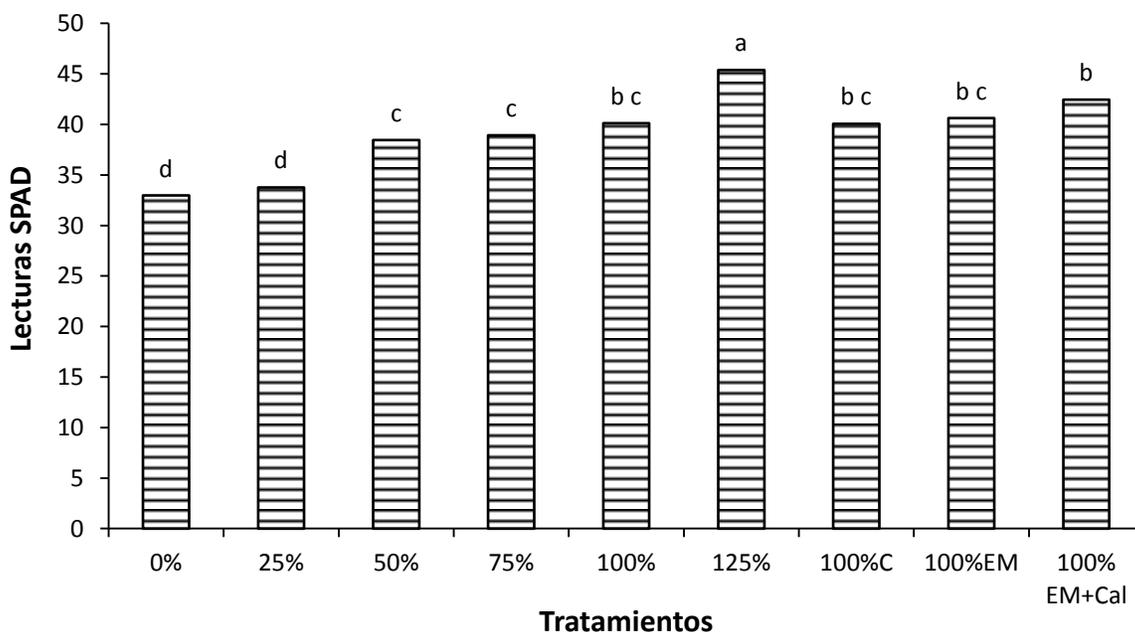


Figura 21. Lecturas de SPAD de la variedad “Brewster” en rancho el “Refugio”, Chiltepec, Oaxaca.

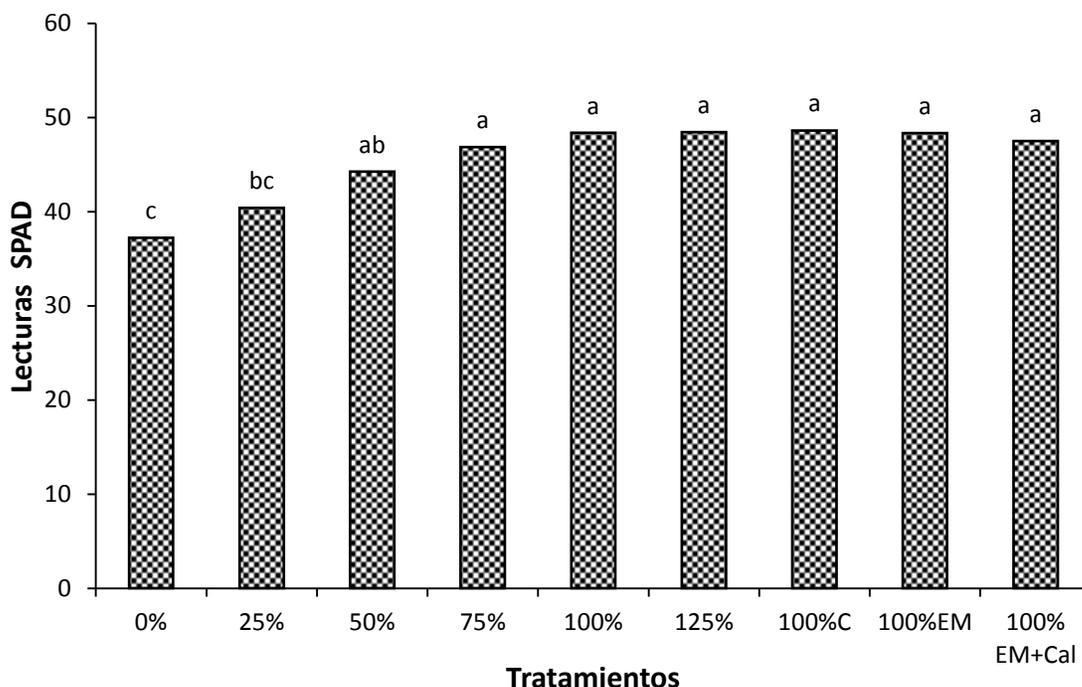


Figura 22. Lecturas de SPAD de la variedad “Mauritius” en rancho la “Ceiba”, Nuevo Cerro Mojarra, Oaxaca.

En la Figura 22 se muestran las lecturas SPAD de los diferentes tratamientos. Los niveles 50, 75, 100 y 125% de fertilización portaron 44.3, 46.9, 48.4 y 48.5 lecturas SPAD respectivamente. Estos valores SPAD fueron estadísticamente superiores ( $P \leq 0.05$ ) a los tratamientos 0 y 25% de fertilización. La tendencia general de las lecturas SPAD fue incrementándose a medida que aumentó la dosis de fertilización. Los datos anteriores indican una clara respuesta de la fertilización inorgánica corroborando de que las plantas sufren de un estrés nutrimental.

Los tratamientos produjeron efecto diferente en la coloración de la hoja, la Figura 23 muestra la coloración de las hojas de la variedad “Brewster” y la Figura 24 de la variedad “Mauritius”. En ambos casos se puede observar cambio de color en las hojas de los arboles fertilizados y los no fertilizados

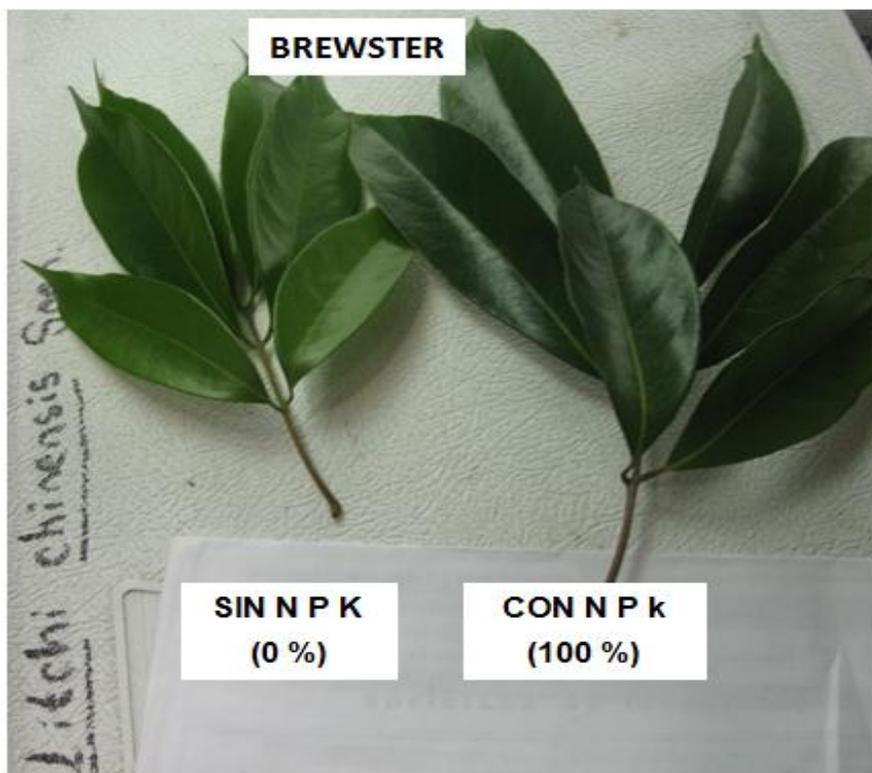


Figura 23. Color de hojas en litchi al año de aplicación de los tratamientos del rancho el "Refugio", Chiltepec.

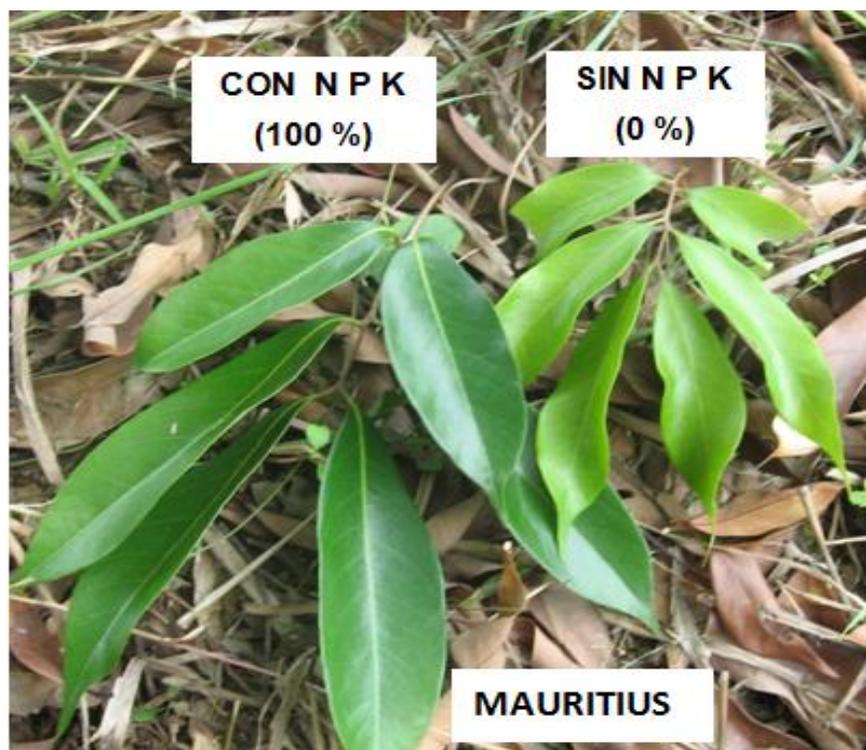


Figura 24. Color de hojas en Litchi al año de aplicación de los tratamientos del rancho la "Ceiba", Nuevo Cerro Mojarra.

Analizando la información de las Figuras 23 y 24, se observó que a las hojas después de la aplicación de los tratamientos el testigo 0% presenta una coloración más clorótica y las plantas que recibieron el 100% (N 50 kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 130 kg y K<sub>2</sub>O 50 kg), la coloración es más verde, como lo encontrado con las lecturas SPAD que muestra que dependiendo de la concentración de Nitrógeno, estas presentaron valores promedio más altos (Figura 21 y 22). De acuerdo a lo anterior, el color de las hojas más verdes representa el convertidor más eficiente de energía, transformándola a energía solar en energía química (Whittingham, 1974). Sin embargo esta eficiencia puede ser limitada, como consecuencia de la disponibilidad de nutrimentos (Sandoval *et al.*, 2010; Groff, 1921; Nakata, 1956; Young, 1957; Young y Harkness, 1921;). Los resultados mostraron que la eficiencia fotosintética bajo, debido a la disminución en la disponibilidad de Nitrógeno, demostrando por lo tanto la importancia del Nitrógeno para la síntesis de pigmentos y proteínas estructurales del aparato fotosintético en esta especie (Reis *et al.*, 2009; Toth *et al.*, 2002). La clorofila es responsable de verdor de las hojas, que tiene importantes funciones en el uso del N, porque el contenido de clorofila ha demostrado que hay alta correlación con la concentración de N, especialmente cuando hay deficiencia de este elemento (Davenport *et al.*, 2000; Vos, 1996; Stern *et al.*, 1993; Schepers *et al.*, 1992; Loebel 1976). El análisis de las hojas es la herramienta más importante para evaluar el estado nutricional de las plantas, debido a que las hojas son metabólicamente más activa (Intrigliolo *et al.*, 1998; Obreza *et al.*, 1992; Samra *et al.*, 1987).

Las mediciones de clorofila por lo tanto, pueden ser útiles en la detección de deficiencias de N en los cultivos. Sin embargo, el medidor SPAD no puede ser utilizado para hacer predicciones exactas de la cantidad de fertilizante nitrogenado que necesita el cultivo para su crecimiento a futuro (Bullock y Anderson, 1998). Podemos entonces concluir que el medidor SPAD será de gran utilidad como ayuda de diagnóstico y no una herramienta para el manejo de N en litchi.

## 5.9 Peso de brotes vegetativos

En los meses de abril y mayo se hizo una inspección a los dos ensayos de fertilización sobre la producción de fruta y se observó que había poca producción de esta en Nuevo Cerro Mojarra y también en Chiltepec en arboles aislados, pero si se observó en ambos ensayos un rendimiento anual abundante de nuevos brotes vegetativos en función a los tratamientos. Con base a esto se tomó la decisión de evaluar la producción vegetativa anual como una variable dependiente.

En las Figuras 25 y 26 se representan los resultados obtenidos del peso anual de nuevos brotes vegetativos en cada huerto.

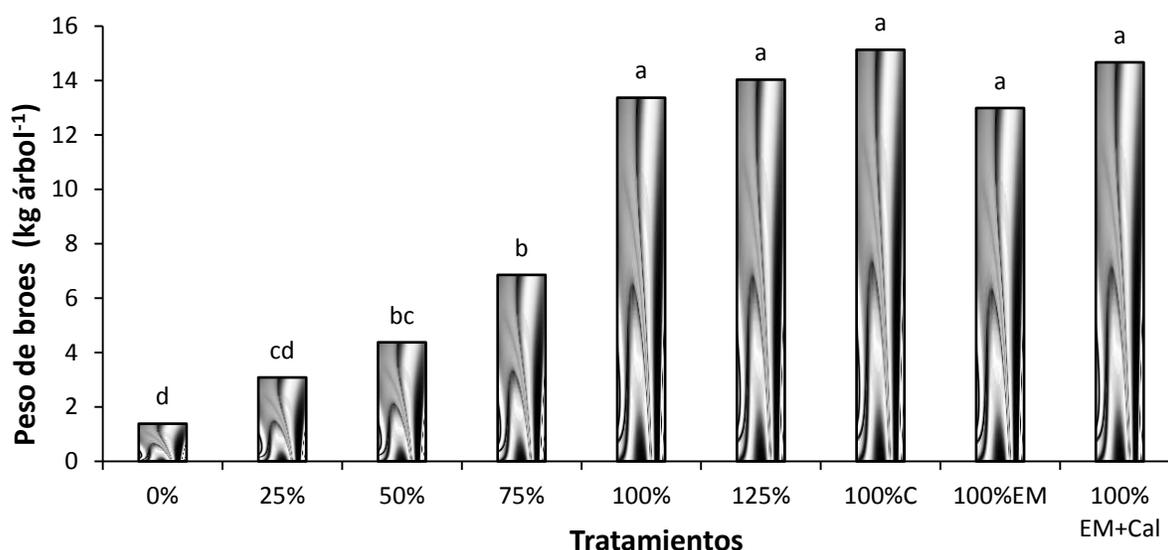


Figura 25. Peso de brotes vegetativos de la variedad “Brewster” en el rancho el “Refugio”, Chiltepec, Oaxaca.

El peso anual de nuevos brotes vegetativos en la variedad “Brewster” fue más alto en los tratamientos que recibieron la dosis de fertilización mayor de 100%. Los tratamientos 100%, 125%, 100% más compost, 100% más elementos menores y 100% más elementos menores y cal produjeron 13.36, 14.02, 15.12, 12.98 y 14.66 kg árbol<sup>-1</sup> que fueron estadística superiores ( $P \leq 0.05$ ) a los pesos obtenidos de los tratamientos que recibieron menos de 100% de fertilización. El tratamiento testigo fue el que produjo el menor peso con 1.38 kg árbol<sup>-1</sup> (Figura 25).

En la variedad “Mauritius” los tratamientos 75, 100, 125% de fertilización, tuvieron el mayor pesos con 12.21, 13.90 y 13.86, kg respectivamente. Estos pesos fueron estadísticamente superiores ( $P \leq 0.05$ ) aquellos obtenidos en los tratamientos que recibieron la menor dosis de fertilización (50 y 25%). El tratamiento testigo (0% de fertilización) rindió 2.47 kg árbol<sup>-1</sup> que fue el valor más bajo de peso (Figura 26).

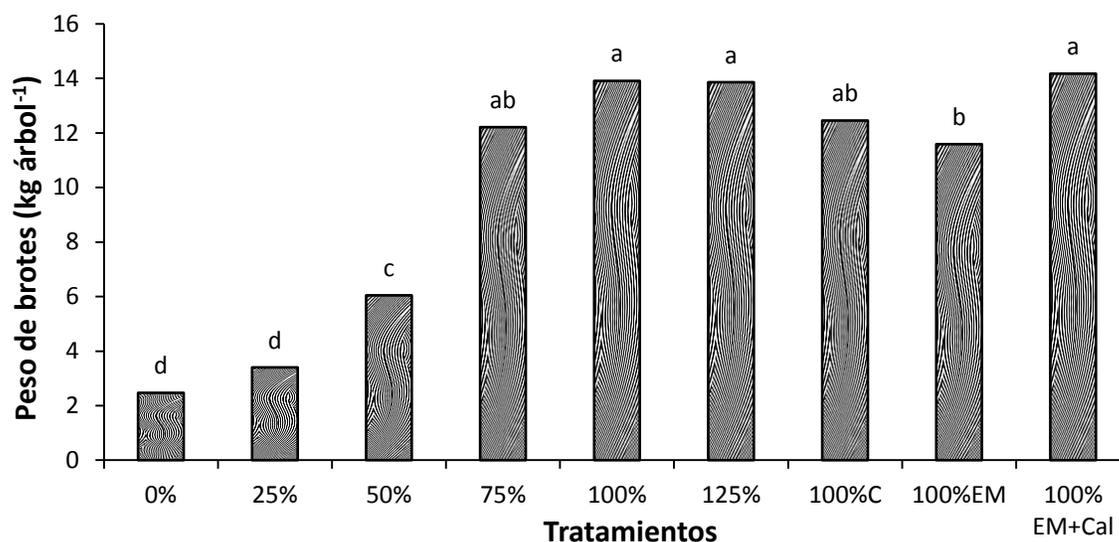


Figura 26. Peso de brotes vegetativos de la variedad “Mauritius” en el rancho el “Ceiba”, Nuevo Cerro Mojarra, Oaxaca.

En general se observó que el peso se incrementó en relación a la aplicación de mayores cantidades de NPK. Según Lu y Zhang (2000), las plantas deficientes en nitrógeno tienen poca capacidad de asimilación de CO<sub>2</sub>, que está relacionada con la disminución de la enzima ribulosa-1,5-difosfato carboxilasa oxigenasa (rubisco). Las plantas deficientes en N tienen menor contenido de clorofila en las células de la hoja. En las plantas C3, como el litchi, alrededor del 75% del total de N residen en el cloroplasto, especialmente en rubisco, enzima clave para la carboxilación y en el sistema de transporte de electrones (Menzel y Waite, 2005). El N es el elemento que participa en la acumulación de biomasa y emisión de nuevos brotes vegetativos como se observa en el Cuadro 13, el cual se relaciona con el área foliar de las Figuras 29 y 30.

El peso de brotes vegetativos de la planta es una de las variables clave que indica la capacidad que tiene la planta para su desarrollo. Según Menzel *et al.* (1992c), las hojas y ramillas representan el 41% del peso total aéreo de la planta, que incluye tanto los brotes como las hojas de todo el árbol. Este valor podría ser útil para cuantificar el porcentaje de nutrimentos que se encuentran en esta parte del árbol.

### **5.10 Extracción de nutrimentos**

En esta variable se cuantificó la cantidad de nutrimentos extraídos por ramillas y hojas de nuevos brotes vegetativos del año, en relación a los diferentes tratamientos. En el Cuadro 13 se presentan estos datos para los dos ensayos, Chiltepec y Nuevo Cerro Mojarra, y en él se observan diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre los tratamientos, tanto en la variedad "Brewster" como en la variedad "Mauritius".

En la variedad "Brewster" la extracción nutrimental de nitrógeno fue mayor en los tratamientos que recibieron la mayor cantidad de fertilizante 100% y 125% de fertilización, cuyas extracciones fueron 0.165 y 0.207 kg árbol<sup>-1</sup> respectivamente. Las cantidades extraídas de N en los tratamientos 125%, 100% más compost y 100% más elementos menores y cal fueron estadísticamente superiores ( $P \leq 0.05$ ) a los demás tratamientos. El tratamiento con 0% de fertilización (testigo) mostro menor extracción de N (0.016 kg árbol<sup>-1</sup>). La mayor extracción de N se obtuvo con el tratamiento de 125% de fertilización y no se observó ningún efecto de la aplicación de compost, elementos menores y elementos menores más cal para el tratamiento con 100% de fertilización. En la variedad "Mauritius", los tratamiento con mayor extracción nutrimental de N fueron los que recibieron la dosis de fertilización más alta 100% y 125% (0.193 y 0.208 kg árbol<sup>-1</sup>), resultando estadística diferentes ( $P \leq 0.05$ ) al resto de los tratamientos. La menor extracción nutrimental fue para el tratamiento testigo (0% de fertilización) con 0.027 kg árbol<sup>-1</sup>.

Los datos anteriores corroboran que el cultivo de litchi requiere de la aplicación de este nutrimento para garantizar su buen desarrollo y rendimiento.

En la variedad “Brewster” la extracción de fósforo incremento con la dosis de fertilización, y la máxima extracción (0.027 kg árbol<sup>-1</sup>) se observó con 125% de fertilización, el cual fue estadísticamente diferente ( $P \leq 0.05$ ) al resto de los valores de extracción de P. El tratamiento con menor contenido de P (0.002 kg árbol<sup>-1</sup>) fue el testigo (0% de fertilización), esto indica que en el tratamiento 125% de fertilización, la extracción de P aumento 13.5 veces más, con relación al testigo que señala el fuerte requerimiento de este nutrimento en el cultivo. En la variedad “Mauritius” las extracciones de P que fueron mayores, correspondieron a los tratamientos de 100% y 125% de fertilización (0.026 y 0.025 kg árbol<sup>-1</sup>), los cuales resultaron estadísticamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ) a los demás tratamientos.

Cuadro 13. Extracción nutrimental de N, P y K por los árboles de litchi de las dos variedades.

Tratamientos	Brewster			Mauritius		
	N	P	K	N	P	K
-----kg árbol <sup>-1</sup> -----						
0%	0.016e	0.002e	0.013f	0.027d	0.005g	0.026e
25%	0.033de	0.003e	0.030ef	0.039d	0.006g	0.035e
50%	0.052cd	0.005de	0.045de	0.075c	0.010f	0.068d
75%	0.081c	0.008d	0.066d	0.141b	0.018ed	0.111c
100%	0.165b	0.017bc	0.140ab	0.193a	0.026a	0.128bc
125%	0.207a	0.027a	0.160a	0.208a	0.025ab	0.151a
100%C	0.185ab	0.018b	0.139ab	0.157b	0.020cd	0.133ab
100%EM	0.160b	0.014c	0.111c	0.157b	0.017e	0.131ab
100% EM+Cal	0.183ab	0.020b	0.122bc	0.189a	0.022bc	0.121bc

Promedios seguidos de la misma letra, dentro de cada columna, no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05), Compost (C), Elementos Menores (EM) y Elementos Menores y Cal (EM+Cal).

La extracción de potasio en la variedad “Brewster” fue mayor en los tratamientos con la fórmula de fertilización 100 y 125% así, como con 100% de fertilización más compost, cuyos valores de extracción fueron 0.140, 0.160 y 0.139 kg árbol<sup>-1</sup> respectivamente para la biomasa acumulada del año (13.36, 14.02 y 15.12 kg

ábol<sup>-1</sup>). Se observa en estos valores que el tratamiento 125% de fertilización permitió una mayor extracción de K que aportó el fertilizante. Estos tratamientos resultaron estadísticamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ) a los demás. El tratamiento testigo (0% de fertilización) presentó la menor extracción con 0.013 kg ábol<sup>-1</sup> de K.

En los árboles de litchi de la variedad "Mauritius" los tratamientos de mayor extracción de nutrientes fueron los que recibieron la mayor cantidad de fertilizante 125%, 100% más Compost y 100% más elementos menores cuyas extracciones de K fueron 0.151, 0.133 y 0.131 kg ábol<sup>-1</sup> respectivamente. Estos tratamientos resultaron estadísticamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ) a los demás. El testigo (0% de fertilización) fue de 0.026 kg ábol<sup>-1</sup> menor a las demás extracciones. En general se observó que la extracción de K fue mayor en la variedad "Mauritius" que en la "Brewster", pero esto está relacionado con mayor producción de biomasa de brotes nuevos, más que con el nivel inicial de fertilidad del suelo, si partimos que es un suelo Ultisol donde está el cultivo de "Mauritius" en comparación con el suelo Aluvial donde se encuentra la variedad "Brewster".

La extracción de los elementos NPK en los nuevos brotes de durante un ciclo de crecimiento anual fue del orden de  $N > K > P$ , esto coincide con los trabajos presentados por Fan *et al.* (2005), Li *et al.* (2001a), Dai *et al.* (1995) y Menzel *et al.* (1992c). El tratamiento testigo (0% de fertilización) para ambos huertos presenta la menor extracción de nutrientes (Cuadro 13). Esto según Manivasagaperumal *et al.* (2011), Ohto *et al.* (2001), Corbesier *et al.* (1998), Koch (1996), Paul y Stitt (1993), Fichtner *et al.* (1993), Stitt (1991); Farrar y Williams (1991), se refleja en una reducción del crecimiento, demanda de carbono, reducción de las reservas de carbohidratos, que puede, a su vez, influir en el futuro potencial de la fotosíntesis de las nuevas hojas y por ende una disminución de la acumulación la biomasa del árbol.

El desbalance nutrimental en las etapas fenológicas del árbol se presentan problemas de alternancia y bajo rendimiento (Menzel y Simpson, 1987a). Según

Thomas *et al.* (1995), explica lo importante que es la capacidad de identificar y corregir las deficiencias de nutrimentos antes de que afecten el vigor del árbol y el rendimiento. Pérez (2004) encontró que el rendimiento del naranjo depende del vigor del árbol y la concentración nutrimental.

### 5.11 Área foliar

Los métodos directos son los que utilizan medidores de área foliar, que son instrumentos diseñados con este propósito y que tienen una resolución del orden de  $\text{mm}^2$  (Licor LI-3000; Lincoln, Nebraska, U.S.A). La determinación del área foliar de las plantas tiene gran importancia en los estudios relacionados con su crecimiento y desarrollo de las hojas que sintetizan los carbohidratos que van a distribuirse en los diferentes órganos de la planta (Meza y Bautista, 1999). La capacidad de fotosíntesis de las plantas está directamente relacionada con la superficie foliar expresada como índice de área foliar (Kozlowsky *et al.*, 1991; Ray y Singh. 1989).

En las Figuras 27 y 28 se muestran los resultados del área foliar de los árboles las dos variedades “Brewster” y “Mauritius”.

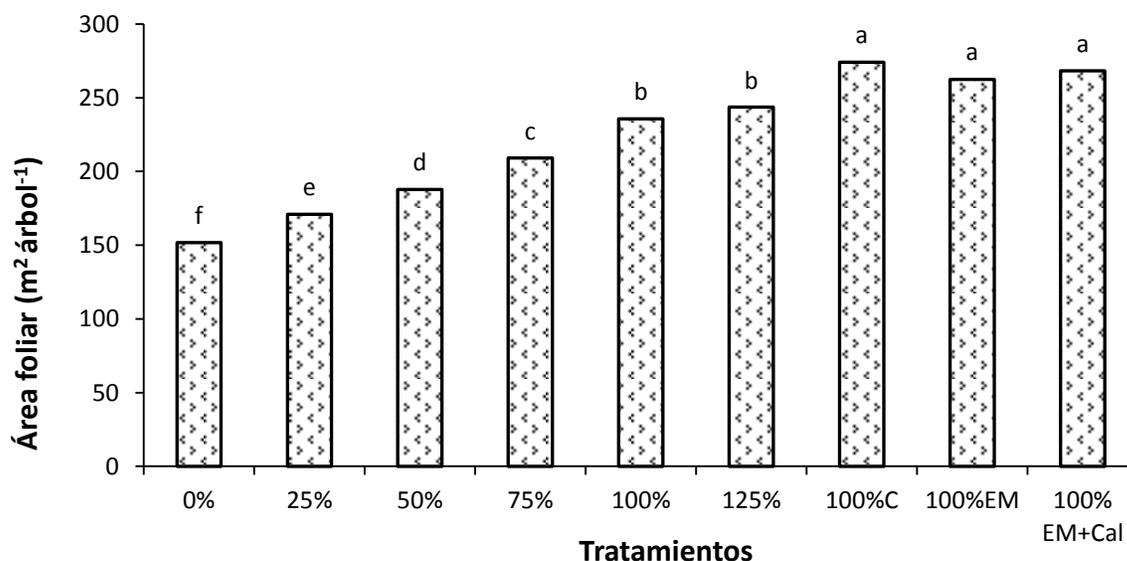


Figura 27. Área foliar de árbol de litchi de la variedad “Brewster” en el rancho el “Refugio”, Chiltepec, Oaxaca.

El área foliar en la variedad “Brewster” fue mayor en los tratamientos que recibieron las dosis de fertilización más altas 100% más compost, 100% más elementos menores y 100% más elementos menores y cal (274.19, 262.52 y 268.32 m<sup>2</sup> árbol<sup>-1</sup>), resultando estadística diferentes (P≤0.05) al resto de los tratamientos. El tratamiento testigo (0% de fertilización) presento la menor área foliar (151.69 m<sup>2</sup> árbol<sup>-1</sup>) que indica una alta estrés nutrimental como se muestra en la Figura 29.

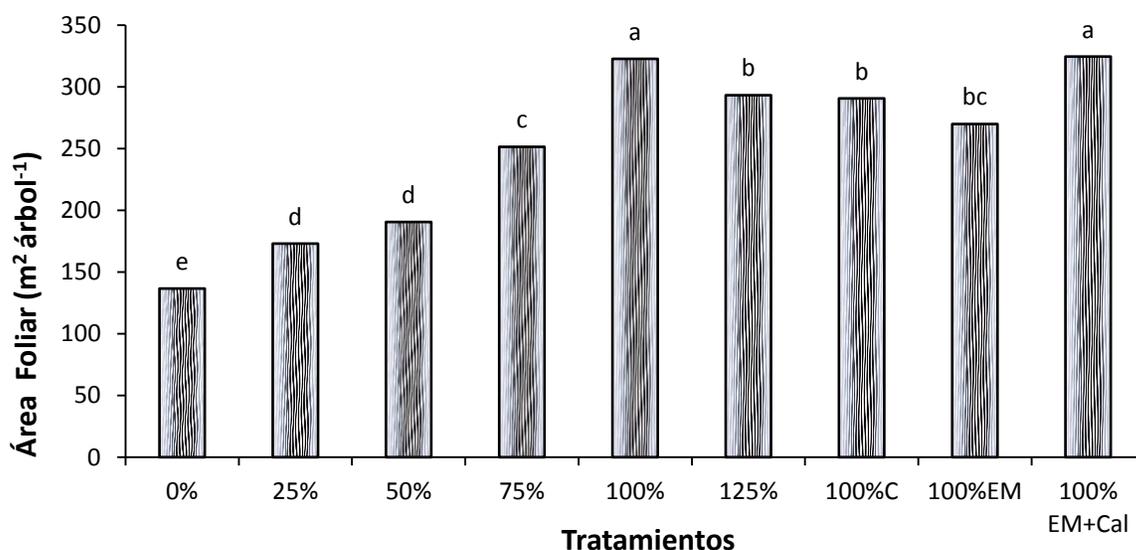


Figura 28. Área foliar de árbol de litchi de la variedad “Mauritius” en el rancho el “Ceiba”, Nuevo Cerro Mojarra, Oaxaca.

En la variedad “Mauritius” los tratamientos 100% y 100% más elementos menores y cal presentaron las siguientes aéreas foliares, 322.65 y 324.51 m<sup>2</sup> árbol<sup>-1</sup> respectivamente. Estos valores fueron estadísticamente mayores (P≤0.05) a los demás valores de área foliar. El testigo (0% de fertilización) fue de 136.63 m<sup>2</sup> árbol<sup>-1</sup> (Figura 28).

La información obtenida de área foliar coincide con lo reportado por Khaosumain *et al.* (2008); Sritontip *et al.* (2008); Menzel *et al.* (2000ab); Evans (1983), que indica que las hojas con alto contenido de N tienen un mayor proceso fotosintético y mayor eficiencia en la acumulación de carbohidratos, lo que se traduce en una mejor calidad del árbol. Las plantas deficientes en N tendrán menores tasas de

fotosíntesis, acumulan menos materia seca (Figura 27y 28), y se producen rendimientos bajos (Figura 22) (Dwyer *et al.* 1995). La fotosíntesis es la principal fuente de carbohidratos para el crecimiento de la planta y desarrollo de frutos (Rais *et al.*, 2009; Olesen *et al.*, 2008; Menzel *et al.*, 1995cd; Stephenson *et al.*, 1989).

Los frutos se producen en los brotes terminales y se necesitan alrededor de seis a ocho hojas en los brotes para que se desarrolle la fruta. La fotosíntesis que producen las propias frutas contribuye con el 3% del carbono necesario para el crecimiento de la fruta y el resto de la fotosíntesis se obtiene de la hoja (97%) (Hieke *et al.*, 2002). Las tasas de fotosíntesis son generalmente bajas en las hojas jóvenes y aumenta con la madures (Flore y Lakso, 1989); la importancia del área foliar está en la producción de los carbohidratos que abastecen la mayor demanda de este para los brotes vegetativo, flores y frutos. Las hojas en particular, son los principales protagonistas, de numerosas funciones vitales para el crecimiento y desarrollo, tales como la interceptación y absorción de la luz solar, la fotosíntesis, la transpiración, la respiración, la fotorrespiración y la translocación de fotoasimilados a las áreas de reserva (Menzel y Waite, 2005; Jiang *et al.*, 1985; Rao *et al.*, 1978; Singh y Ganapathy, 1975).

La fertilización juega un papel muy importante en el desarrollo de la planta. Según Li *et al.* (2011), encontraron que la fertilización nitrogenada incrementó la tasa foliar dos veces, mientras que la fertilización con fósforo tuvo poco efecto sobre el área foliar. El nitrógeno es el nutriente más importante para el crecimiento y la productividad de las plantas, cuando falta el nitrógeno las hojas más viejas serán las primeras en presentar clorosis, necrosis y reducir la biomasa, así como la disminución del contenido de clorofila y la fotosíntesis de las hojas. El nitrógeno es el elemento esencial en el ATP, NAD y NADP (Menzel y Waite, 2005; DeJong, 1982). Las hojas con alto contenido de nitrógeno foliar por lo general tienen altas tasas de asimilación de CO<sub>2</sub> (DeJong, 1983; Lawlor *et al.*, 1981). La mayoría de las plantas responden rápidamente a la fertilización nitrogenada, esto se observa

por la presencia de un nuevos crecimientos, mientras que la fertilización fosfatada promueve en la mayoría de las plantas la floración y fructificación (Menzel y Waite, 2005).

### 5.12 Relación entre el peso de brotes y nitrógeno foliar

Se observó una relación positiva entre el peso de brotes y el nitrógeno foliar, de forma unilateral para la variedad “Brewster” (Figuras 29) y lineal para la variedad “Mauritius” (Figuras 30) y de tal manera que al aumentar el nitrógeno foliar se incrementa el peso de brotes.

Este incremento fue de 14.882 kg árbol<sup>-1</sup> para un incremento de 1.01 a 1.25 % de N en la variedad “Brewster” y de 19.369 kg árbol<sup>-1</sup> para un incremento de 1.01 a 1.25 % de N de la variedad “Mauritius”; sin embargo en ambas variedades el incremento continua por sobre los valores de nitrógeno foliar máximo observados 1.25 % en la variedad “Brewster” y 1.45 en la variedad “Mauritius”, lo que sugiere que los niveles optimos de nitrógeno foliar (Menzel *et al.*, 1992) son inferiores a estos concentraciones y por tanto se muestran un estado deficiente de nitrógeno.

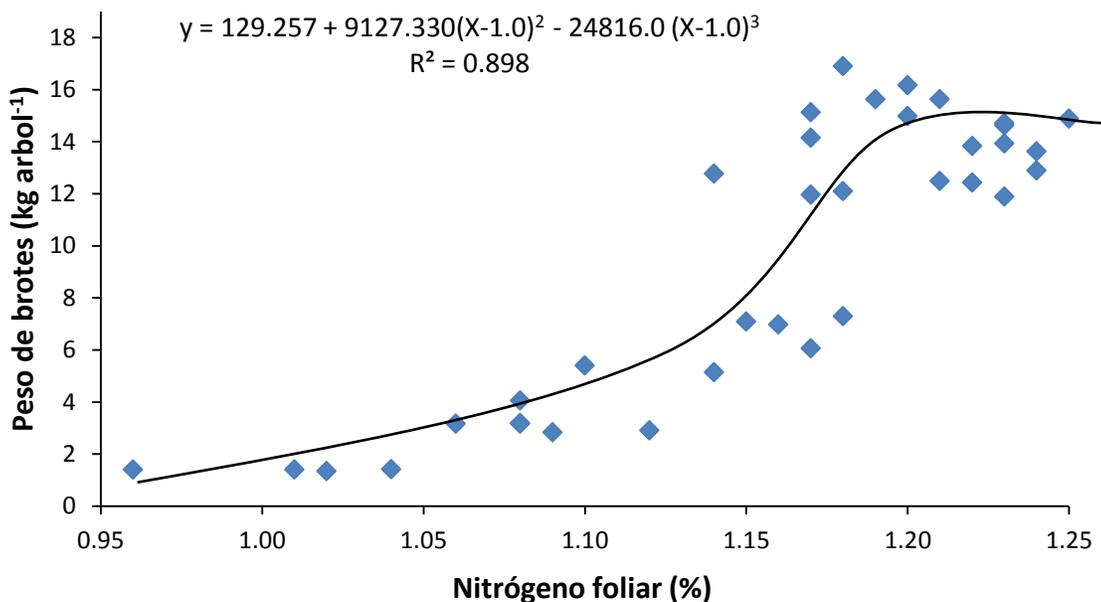


Figura 29. Relación entre el peso de brotes de litchi y la concentración foliar de nitrógeno en la variedad “Brewster” en el rancho el “Refugio”, Chiltepec, Oaxaca.

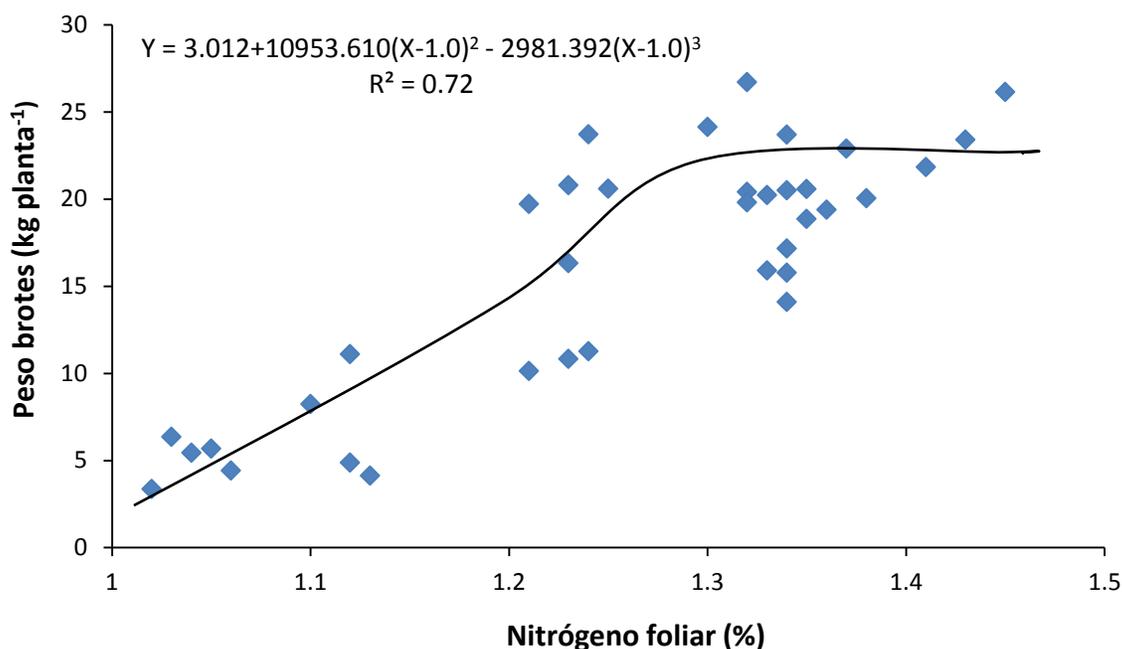


Figura 30. Relación entre el peso de brotes de litchi y la concentración foliar de nitrógeno en la variedad “Mauritius” en el rancho el “Ceiba”, Nuevo Cerro Mojarra, Oaxaca.

### 5.13 Relación entre las lecturas SPAD y nitrógeno foliar

La utilización del equipo medidor de clorofila SPAD-502 es un instrumento que permite evaluar indirectamente y en forma no destructiva el contenido de clorofila en la hoja y por ende, el estado nutricional del cultivo a través de una simple lectura con el propósito obtener mejores rendimientos (Trejo-Téllez *et al.*, 2003; Sainz y Echeverría 1998).

Se observó una relación positiva entre las lecturas SPAD y la concentración de nitrógeno foliar: curvilínea en la variedad “Brewster” (Figura 31) y lineal en la variedad “Mauritius” (Figura 32). En el modelo de regresión muestra un aumento de 77.6% para la variedad “Brewster” y de 69.3% para la variedad “Mauritius”, que aunque de magnitud intermedia indican que se puede usar la lecturas SPAD para predecir las concentraciones del nitrógeno foliar, con fines de producir el estado nutricional de el árbol.

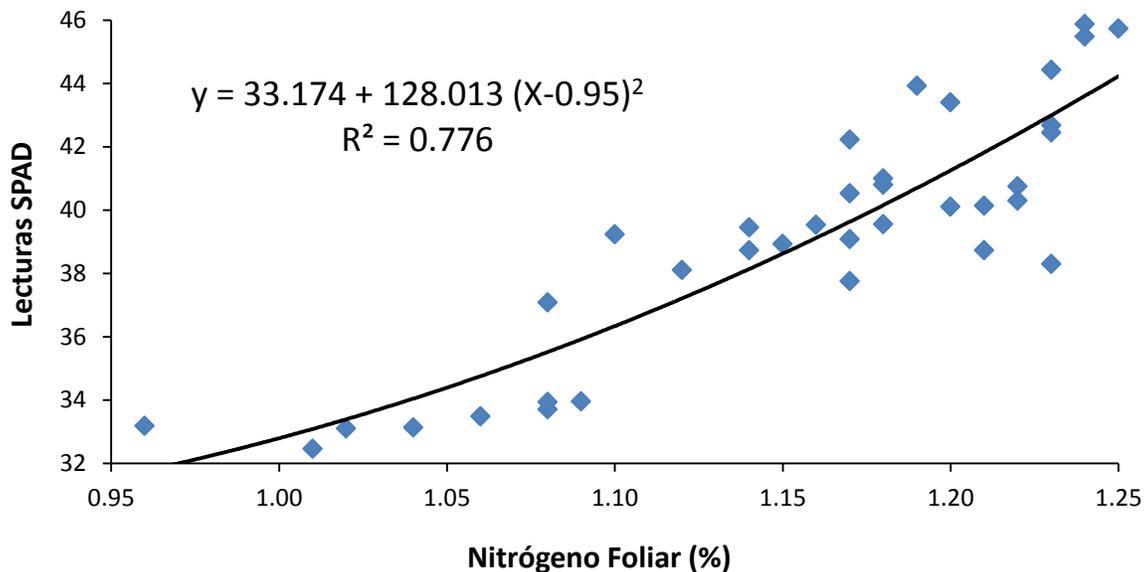


Figura 31. Relación entre lecturas SPAD y las concentraciones foliar de nitrógeno en la variedad “Brewster” en el rancho el “Refugio”, Chiltepec, Oaxaca.

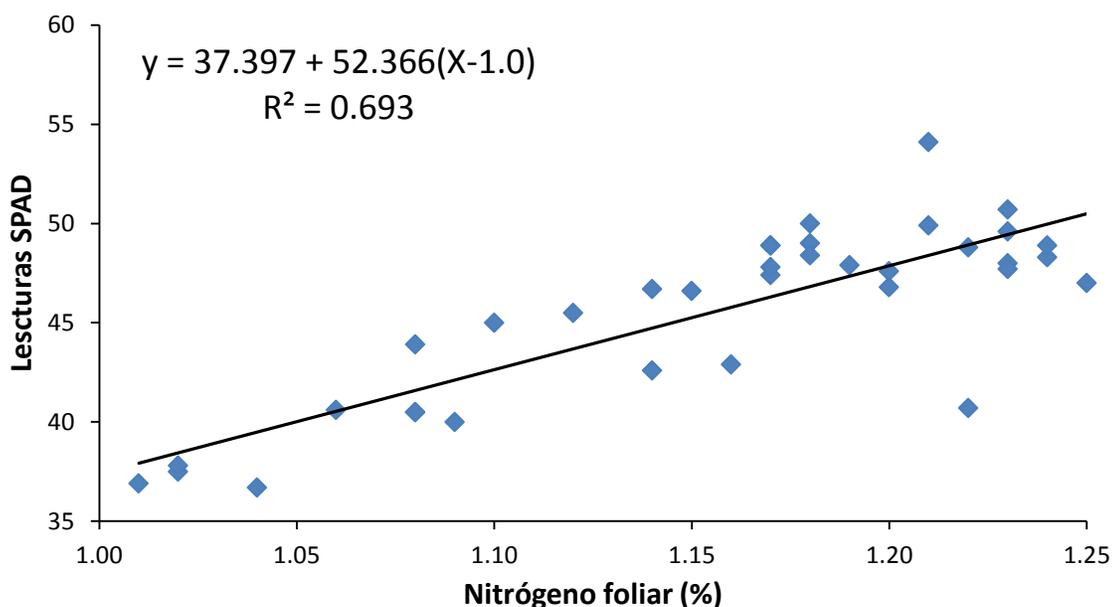


Figura 32. Relación entre lecturas SPAD y las concentraciones foliar de nitrógeno en la variedad “Mauritius” en el rancho el “Ceiba”, Nuevo Cerro Mojarra, Oaxaca.

### 5.14 Relación entre el Área foliar y nitrógeno foliar

La clorofila es responsable de verdor de las hojas, que tiene importantes funciones en el uso del nitrógeno. El contenido de clorofila demuestra que hay alta

correlación con la concentración de nitrógeno (Davenport *et al.*, 2000; Vos, 1996; Stern *et al.*, 1993; Schepers *et al.*, 1992). La clorofila es muy importante para la fotosíntesis. Esta es la principal fuente de carbohidratos para el crecimiento de la planta y desarrollo de frutos (Rais *et al.*, 2009; Olesen *et al.*, 2008; Menzel *et al.*, 1995).

Se observó una relación positiva lineal en la Figura 33 y Figura 34 una relación cubica entre el área foliar y la concentración foliar de nitrógeno.

Los modelos de regresión indican que para cada incremento de concentración de nitrógeno de 0.1 % el área foliar aumenta un 47.94 m<sup>2</sup> en la variedad “Brewster” y para la variedad “Mauritius” el valor mas alto menos el valor mas bajo nos da un total de 181.79 m<sup>2</sup>.

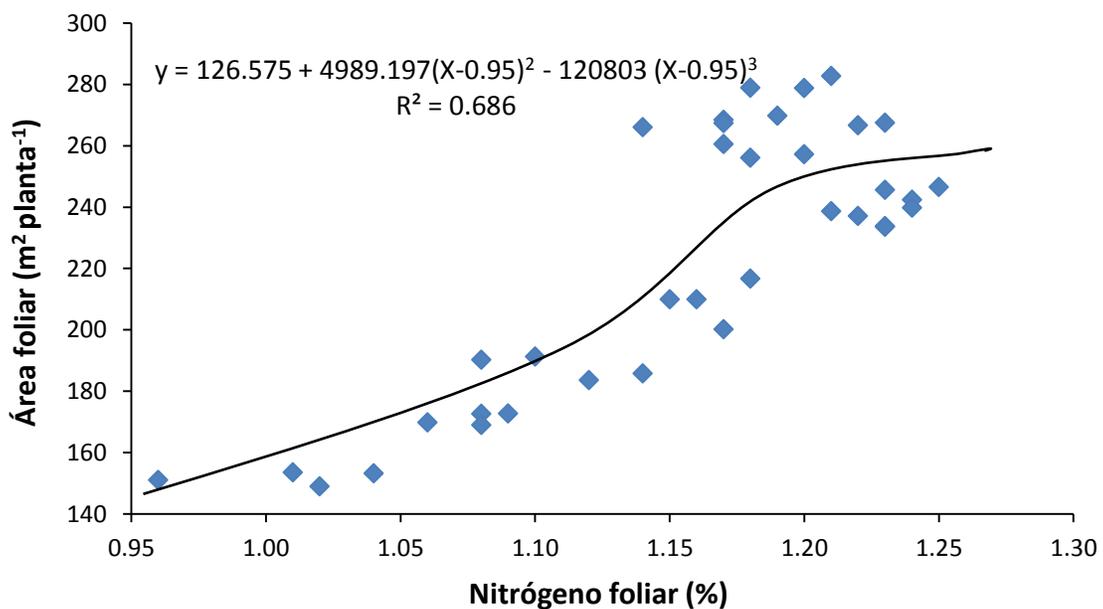


Figura 33. Relación entre área foliar y las concentraciones foliar de nitrógeno en la variedad “Brewster” en el rancho el “Refugio”, Chiltepec, Oaxaca.

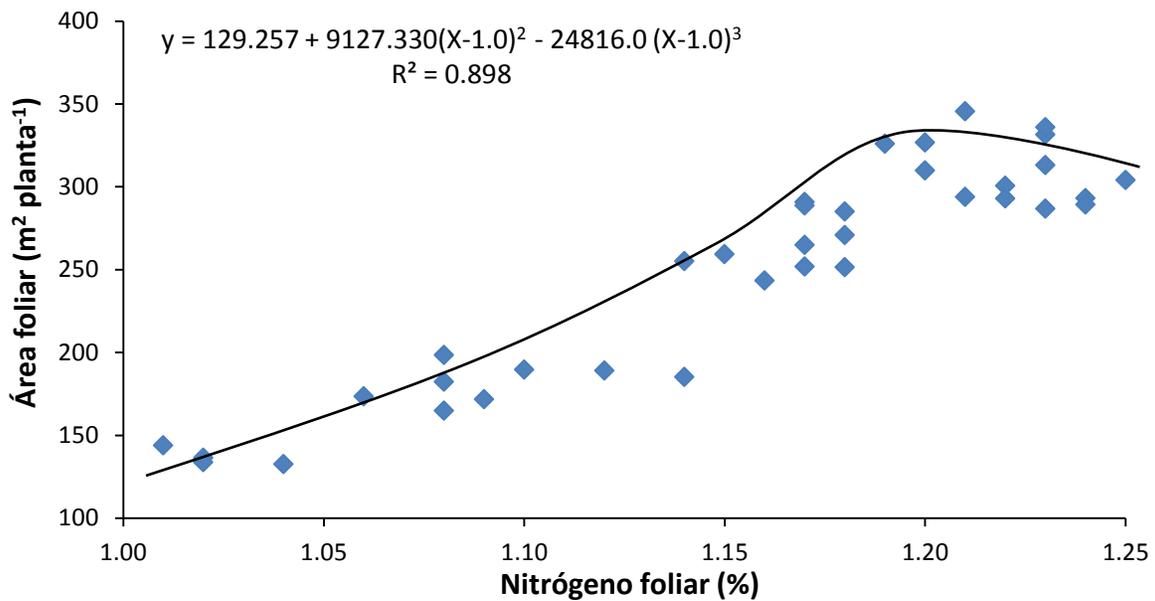


Figura 34. Relación entre área foliar y las concentraciones foliar de nitrógeno en la variedad “Mauritius” en el rancho el “Ceiba”, Nuevo Cerro Mojarra, Oaxaca.

Tanto el rendimiento de biomasa, lecturas SPAD y área foliar incrementaron por niveles de fertilización del cultivo y por ende niveles de concentración de N foliar en la planta, que señala, que el cultivo del litchi en la región requiere una fertilización balanceada para optimizar los rendimientos y el ingreso por unidad de superficie en ambas variedades.

En las dos variedad el mayor el contenido de nitrógeno foliar se presentó en los tratamientos que recibieron las dosis de fertilización más alta, lo que se expresó como un incremento en el crecimiento, y exhibió una alta correlación con la acumulación en rendimiento vegetativo de nuevos brotes (kg árbol<sup>-1</sup>), lecturas SPAD y área foliar (m<sup>2</sup>). Esto explica la importancia del N por formar parte de compuestos nitrogenados en las hojas que estimulan el crecimiento de nuevos brotes (Reis *et al.*, 2009; Khaosumain *et al.*, 2008; Olsen *et al.*, 2008; Urrestarazu *et al.*, 1999). En adición, estos resultados señalan a la fotosíntesis como la principal fuente de abastecimiento de carbono para el crecimiento de la planta (Olesen *et al.*, 2008; Menzel, 2002b; Menzel *et al.*, 2000ab; Cull y Paxton, 1983).

### 5.15 Características de la fruta de litchi de “Brewster” y “Mauritius”

Características de las frutas de las dos variedades, que se obtuvieron de las frutas de los tratamientos de los dos huertos en el 2010 (Cuadro 14).

Cuadro 14. Características de fruta de litchi.

Características	Cultivares	
	“Brewster”	“Mauritius”
Numero de flores por racimo	1967	2933
Numero de frutos/kg	53.6	60.6
Peso por fruto	18.6 g	16.5
Rendimiento fruto/árbol	5.03 kg	20.5 kg
Frutos buenos	98%	71.0%
Frutos malos	2%	29.0%
Azúcar	18.9 ° Brix	20.1 °Brix
Arilo peso fresco	12.4 g/fruto	11.7 g/fruto
Arilo peso seco	2.5 g/fruto	1.1 g/fruto
Cáscara del fruto fresco	4.2 g/fruto	3.5 g/fruto
Cáscara del fruto seco	1.2 g/fruto	1.8 g/fruto
Volumen del fruto	18.3 cm <sup>3</sup>	19.2 cm <sup>3</sup>
Diámetro polar	3.8 cm	3.54 cm
Diámetro ecuatorial	3.14 cm	3.26 cm
Peso fresco y seco de semilla	3.6 g y 1.5 g	2.90 g y 1.5 g

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De los resultados anteriores y su discusión, se pueden deducen las siguientes conclusiones:

1. Las respuestas de la fertilización en floración, rendimiento de fruta, producción de biomasa anual, concentración de NPK, acumulación en la producción de biomasa anual de estos nutrientes, las lecturas SPAD e incremento del área foliar indican que los huertos de litchi están deficientes en N, P y K por la falta de una nutrición balanceada y adecuada para lograr los mejores rendimientos.
2. En la variedad "Brewster" con el tratamiento 50-130-50 de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$  kg/ha más elementos menores se logro la mejor floración, y en la variedad "Mauritius" se logró con 62.5-162.5-62.5 de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$  respectivamente.
3. En la variedad "Brewster" la más alta producción de fruta fresca en 2011 se obtuvo con la dosis 50-130-50 de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$  kg/ha más elementos menores, siendo superior al testigo significativamente.
4. Con la dosis mayor de fertilización en ambas variedades no se alcanzaron las concentraciones adecuadas de nitrógeno en las hojas, estando todos los valores de concentración abajo del nivel crítico reportados para litchi.
5. En la variedad "Brewster" el resultado de las lecturas SPAD con el tratamiento 62.5-162.5-62.5 de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$  kg/ha se obtuvo el valor más alto (verde más intenso) y en la variedad "Mauritius" con el tratamiento 50-130-50 de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$  kg/ha más compost.
6. El rendimiento anual de nuevos brotes vegetativos en la variedad "Brewster" fue más alto con el tratamiento 50-130-50 de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$  kg/ha más compost, mientras que en la variedad "Mauritius" el más alto fue el

tratamientos 50-130-50 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O kg/ha más elementos menores y cal.

7. En las dos variedades “Brewster” y “Mauritius” la extracción nutrimental de N, P y K fue mayor en el tratamiento 62.5-162.5-62.5 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O kg/ha resultando significativamente a los demás
8. El área foliar en la variedad “Brewster” fue mayor en el tratamientos que recibió la dosis de fertilización de 50-130-50 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O más compost, mientras que en la variedad “Mauritius” se obtuvo el área foliar más alta con el tratamientos 50-130-50 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O más elementos menores y cal.
9. Los valores de respuesta significativos se obtuvieron con 50 y 62.5 kg ha<sup>-1</sup> de N, 130 y 162.5 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 50 y 62.5 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O en dos aplicaciones, uno después de la cosecha y el otro durante la floración o amarre de la fruta, para las dos variedades.
10. A mayor contenido de nitrógeno foliar se observó un mayor rendimiento de brotes vegetativos, lecturas SPAD y el área foliar para las dos variedades.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Alva, A. K., S. Paramasivam, W. D. Graham, and T. A. Wheaton. 2003. Best nitrogen management practices for citrus production in sandy soils. *Water, Air and Soil Pollution*. 143: 139-154.
- Akhtar, N., M. Ayaz, and A. Malik A. 2005. "Fruit cracking" a hindering factor in the expansion of litchi plantation, *Sarhad. J. of Agric.* 21: 351-355.
- ASERCA, 2004. Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria. *Revista Claridades Agropecuarias* 74: 32-48.
- ASERCA-CIESTAAM, 1996. Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA) Universidad Autónoma Chapingo (UACH) Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y de la Agricultura Mundial (CIESTAAM). Mercado del litchi Mexicano.
- Baker, S. A. 2002. Lychee production in Bangladesh. *The Lychee Crop in Asia and the Pacific*. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Bangkok, Thailand. 15-28.
- Batten, D. J. and C. A. McConchie. 1995. Floral induction in growing buds of lychee (*Litchi chinensis*) and mango (*Mangifera indica*). *Austr. J. Plant Physiol.*, 22: 783-91.
- Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil. *Agron. J.* 54:464-465.
- Bray, R. H. and L. T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available phosphorous in soil. *Soil Sci.* 59: 39-45.
- Bremmer, J. M. 1965. Total nitrogen. pp 1149-1178. En C. A. Black (ed.). *Methods of soil analysis. Part 2.* Amer. Soco Agron. Madison Winsconsin.
- Bullock, D. and D. Anderson. 1998. Evaluation of the Minolta SPAD502 chlorophyll meter for nitrogen management in corn. *J. Plant Nutr.* 21: 741-755.
- Caballero A., L. Martinez, y J. Bernardez. 1993. *Tablas Matematicas.* Ed ESFINGER. Edo. México. 14.
- Chen, W. X., Z. X. Wu, Z. L. Ji, and M. X. Su. 2000. Postharvest research and handling of litchi in China. *Acta Hort.* 558: 321-329.
- Chamhum, S. L., D. Lopes de S., P. M. Canto, e P. R. Gomes. 2006a. Acúmulo de macro e micronutrientes nas inflorescências e frutos da lichieira "Bengal". *Cienc. Rural.* 36: 793-800.

- Chamhum, S. L., D. Lopes de S., e P. M. Canto. 2006b. Acúmulo de macro e micronutrientes nas folhas e caules do ramo produtivo da lichieira “bengal” durante um ano. *Ciênc. agrotec.*, Lavras. 30: 9-14.
- Chamhum, S. L., D. Lopes de S., e P. M. Canto. 2006c. Desenvolvimento do fruto da lichieira (*Litchi chinensis* Sonn.) ‘Bengal’. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal-SP. 28: 11-13.
- Chang J. W. and C. Y. Cheng. 2002. Effect of nitrogen concentrations of hydroponic media on flowering and fruiting of litchi (*Litchi chinensis* Sonn). *J. Chinese Soc. Hort. Sci.* 48: 1-8.
- Chen, H. and H. Huang. 2000. China litchi industry: development, achievements and problems. 1st International Symposium on litchi and longan. China. 18.
- Chandel, J. S., and N. K. Sharma 1992. Extent of fruit cracking in litchi and its control masures in Kangra Valley of Himachal Pradesh. *South Indian Hort.* 40: 74-78.
- Chapman H., and P. Pratt. 1979. Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas. Ed. Trilla. México, 195 pp.
- Chapman, H. D. 1965. Cation exchange capacity. In *Methods of Soil Analysis* (Edited by Black, C. A.) Part 2, pp. 891-901. Number 9 in the series *Agronomy: Am. Inst. Agronomy, Madison, Wisconsin.*
- Chapman, K. R. 1984. Lychee, *Litchi chinensis* Sonn. In *Tropical Tree Fruits For Australia*. Queensland Department of Primary Industries, Brisbane.179-191.
- Campbell, R. J. and Ledesma, N. 2003. Tropical fruits with increasing export potencial in tropical America. In: Chomchalow, N. and Sukhvibul, N. (eds) *Proccedings of the Second International Symposium on lychee, Longan, Rambutan and other Sapindaceae plants*. *Acta Horticulturae* 665, 87-92.
- Cobin, M. 1954. Lychee in Florida. *Bull. Florida. Agric. Exp. Stn.* 546: 1.35.
- Corbesier, L., P. Lejeune, and G. Bernier. 1998. The role of carbohydrates in the induction of flowering in *Arabidopsis thaliana*: comparison between the wild type and a starchless mutant. *Planta* 206: 131-137.
- Cox, D., D. Bezdicek, and M. Fauci. 2001. Effects of compost, coal ash, and straw amendments on restoring the quality of eroded Palouse soil. *Biol Fertil Soils.* 33: 365-372.
- Crane J. H., F. C. Balerdi, and I. Maguire. 1998. Lychee Growing in the Florida. University of Florida, IFAS. <http://edis.ifas.ufl.edu/MG051>.

- Crane, J.H., Zee, E., Bender, G. S., Faber, B., Brunner, B. and Chia, G. L., 2003. Commercial Sapindaceous fruit production in the USA. In: Chomechalow, N. and Sukhvilul, N. (eds) Proceeding of the Second International Symposium on Lychee, Longan, Rambutan and other Sapindaceae plants. Acta Horticulturae 665, 93-101.
- Crane J. H. and F. Balerdi. 2005. El Lichi en Florida. University of Florida, IFAS, 32611.
- Crane, J. and B. Schaffer. 2004. Increased exposure to temperatures below 55 or 60°F are correlated with increased yield of “Mauritius” lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) in homestead. Proc. Florida. State Hort. Soc. 117:206-208.
- Crane J.H., F. C. Balerdi, and I. Maguire. 2009. "Lychee Growing in the Florida Home Landscape". University of Florida. IFAS.
- Cronje, R.B., P. G Mostert, and N. J. R. Roets. 2006. Evaluating MaximR® for the increase in fruit size and retention in litchi. SA Litchi Growers' Association Yearbook 18: 14–17.
- Cronje, R. B., D. Sivakumar, P. G. Mostert, and L. Korsten. 2009. Effect of Different Preharvest Treatment Regimes on Fruit Quality of Litchi Cultivar “Maritius”. J. Plant Nut. 32: 19-29.
- Cull, B. W. and B. F. Paxton. 1983. Growing the lychee in Queensland. Queensl. Agric. J. 109: 53-59.
- Dai, L., Y. Guo, and X. Xie. 1995. State of mineral nutrition of *Litchi chinensis* and effect of chemicals on controlling its nutrition condition. J. Fujian Acad. Agri. Sci. 10: 48-53.
- Damour, G., M. Vandame, and L. Urban. 2008. Long-term drought modifies the fundamental relationships between light exposure, leaf nitrogen content and photosynthetic capacity in leaves of the lychee tree (*Litchi chinensis*). J. Plant Physiol. 165: 1370-1378.
- Davenport, T. L., Y. Li, and Q. Zheng. 2000. Towards reliable flowering of lychee (*litchi chinensis* Sonn.) in south Florida. Proc. Fla. State Hort. 112: 182-184.
- Debaeke P., J. M. Nolot, and D. Raffailac. 2006. A rule-based method for the development of crop management systems applied to grain sorghum in south-western France, Agric. Systems90: 180-201.
- DeJong, T. M. 1982. Leaf nitrogen content and CO<sub>2</sub> assimilation capacity in peach. J. Am. Soc. Hort. Sci. 107: 955-959.

- DeJong, T. M. 1983. CO<sub>2</sub> assimilation Characteristics of five *Prunus* tree fruit species. J. Am. Soc. Hort. Sci. 108: 303-307.
- Debnath, S., S. Dutta K. Ray, and S. K. Mitra. 2004. Leaf water potential and carbon dioxide assimilation influence flowering and yield of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) Fruits for a healthy world 3<sup>rd</sup> International Symposium of Tropical and Subtropical Fruits. 184.
- Degner, R. L., T. Stevens, and K. Morgan. 2002. Miami-Dade Cty. Agr. Land Retention Study. Fla. Agr. Market Res. Ctr., Dept. Food Resource Econ., Univ. Fla., Gainesville. <http://www.agmarketing.ifas.ufl.edu>.
- De la Garza N., J., y F. M. Cruz. 2001. El Litchi, una alternativa de producción para la Huasteca Potosina. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Hichihuayán. Folleto para productores N° 2. SLP, México. 24.
- Diczbalis, Y. and G. Alvero. 2005. Nutrition Management of Australian Longan and Rambutan. Orchards. Acta Hort. 665: 301-310.
- Diczbalis, Y. A. 2008. Nutrition Management of Tropical Fruits Grown in North Queensland, Australia. Acta Hort. 772.
- Dominguez-Vivancos, A. 1997. Tratado de fertilización. 3<sup>ra</sup> ed. Ediciones Mundi Prensa. México.
- Dwyer, L. A., D. W. Anderson, B. L. Stewart, and M. Tollenaar. 1995. Changes in maize hybrid photosynthetic response to leaf nitrogen, from pre-anthesis to grain fill. Agron. J. 87: 1221-1225.
- Embleton, T. W., C. W. Coggins, and G. W. Witney. 1996. What is most profitable use of citrus leaf analysis? Proceedings of International Society of Citriculture. 2: 1261-1264.
- Evans, J. R. 1983. Nitrogen and photosynthesis in the flag leaf of wheat (*Triticumaestivum* L.). Plant Physiol. 72: 297–302.
- Evans, E., R. Degner., J. Crane., R. Rafie, and C. Balerdi. 2004. Is it still profitable to grow lychee in South Florida. EDIS FE496, Dept. Food and Resource Econ., Univ. Fla., Gainesville. <http://edis.ifas.ufl.edu/FE496>.
- Evans, E. and R. Degner. 2005. Recent developments in world production and trade of lychee (*Litchi Chinensis*): Implications for Florida growers. Proc. Florida State Hort. Soc. 118: 247-249.
- Fallahi, E. 2002. Symposium World Overview of Important Nutrition Problems and How They Are Being Addressed. Hort. Tech. 12.

- Fallahi, E., T. L. Righetti, and D. G. Richardson. 1985. Predictions of quality by pre-harvest fruit and leaf mineral analysis in "Starkspur Golden Delicious" apple. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 110: 524-527.
- Fan, X. L., C. L. Huang, U. Juhani, and D. Danny. 2005. NPK Nutrition Dynamics of Lychee during the Annual Growth Cycles. *Proc. 2<sup>nd</sup> IS on Lychee, Longan, Rambutan and Other Sapindaceae Plants*. Eds. N. Chomchalow and N. Sukhvibul. *Acta Hort.* 665.
- Farrar, J. F. and M. L. Williams. 1991. The effects of increased atmospheric carbon dioxide and temperature on carbon partitioning, source-sink relations and respiration. *Plant, Cell and Environment* 14: 819-830.
- Fichtner, K, W. P.Quick, E. D. Schulze, H. A. Mooney. S. R. Rodermel, L. Bogorad, M. Stitt. 1993. Decreased ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase oxygenase in transgenic tobacco transformed with 'antisense' *rcbS*. V. Relationship between photosynthetic rate, storage strategy, biomass allocation and vegetative plant growth at three different nitrogen supplies. *Plant* 190: 1-9.
- Flore, J. A. and A. N. Lakso. 1989. Environmental and physiological regulation of photosynthesis in fruit crops. *Hort. Rev.* 11: 111-157.
- Galán S., V. 1987. El Litchi y su Cultivo. FAO, Estudio de Producción y Protección Vegetal, FAO, Roma, Italia. 83: 13.
- Galán S., V. 1990. Los Frutales Tropicales en los Subtropicos. 1. Aguacate-Mango-Litchi y Longan. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España. 95.
- Ghosh, B., T. K. Bose, and S. K. Mitra. 1986. Chemical induction of flowering and control of fruit drop in litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). *Hort Sci.* 21: 717.
- Goldweber, S. 1959. Observations on lychees grown in pot culture. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 72: 353-356.
- Greer. N. 1990. Growing lychee in South Queensland. Queensland Department of Primary Industries. Brisbane, Australia. 22.
- Groff, G.W., 1921. The Lychee and Lungan. Orange Judd, New York. 180p.
- Groff, G. W. 1943. Some ecological factors involved in successful lychee culture. *Proc. Florida State Hort. Soc.* 56: 134-155.
- Hai, V.M. and Dung, N.V. 2002. Lychee production in Viet Nam. In: Papademetriou, M.K. and Dent, F.J. (eds) *Lychee Production in the Asia-Pacific Region*. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Bangkok, Thailand, pp.114–119.

- Hieke, S. and C. M. Menzel. 2001. The physiology of leaf and fruit growth in lychee. *Living Lychee* 26: 10-11.
- Hieke, S., C. Menzel M. and P. Lüdders. 2002. Effects of leaf, shoot and fruit development on photosynthesis of lycheetrees (*Litchi chinensis* Sonn). *Tree Physiol.* 22: 955-961.
- Higgins, J. 1971. The litchi in Hawaii. Hawaii Agricultural Experiment Station. Bulletin 44.
- Houbin, C. 2006. The production and uses of litchis in china. College of horticulture, south china Agricultural University, Guangzhou 510642. Hbchen@hotmail.com.
- Hu, W. R., S. Z. Liu, X. Q. Pang, Z. L. Ji, and Z. Q. Zhang. 2010. Alleviation of Chilling Injury in Litchi Fruit by ABA Application. *Acta Hort.* 863:533-538.
- Huang, X. 2002. Lychee production in China. *The Lychee Crop in Asia and the Pacific.* Food and Agricultural Organization of the United Nations, Bangkok, Thailand. 41-54.
- Huang, X. M, J. G. Li, H. C. Wang, H. B. Huang, y F. Gao. 2001. La relación entre los frutos de grietas y calcio en el pericarpio litchi. *Acta Hort.* 558: 209-215.
- Huang, X., Zeng, L., and Huang, H. B. 2005. Lychee and Longan Produccion in China. *ISHS Acta Hort* 665: IInd International Symposium on Litchi Longan, Rambutan and other Sapindaceae plants, held at Thailand.
- Huang, C. C. and Y. T. Wang. 1990. Effect of storage temperature on the colour and quality of litchi fruit. *Acta Hort.* 269: 307.
- Huang, W.T., Y. M. Huang, W. M. Hsiang, M. H. Chang, M. L. Lin, C. H. Wang, and W. L. Wu. 1998. Nutrition studies on lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) orchards in central Taiwan. *J. Agric. Res. China.* 47: 388-407.
- Huang, H. and J. Xu. 1983. The developmental patterns of fruit tissues and their correlative relationships in *Litchi chinensis* Sonn. *Sci. Hort.* 19: 335-342.
- Hundal, H. S. and C. L. Arora. 1993, Nutrien status of litchi (*Litchi chinensis* Sonn) orchards in submontaneous area of Punjab. *J. Indian Soc. soil.* 41:778-779.
- INEGI, 2005. Marco geoestadístico al cierre del censo económico 2004. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México, D.F.
- INIFAP, 2011. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Red Nacionales de Estaciones Estatales Agroclimaticas. (Red

de Estaciones Agroclimáticas de Oaxaca. El Refugio y el Progreso).  
<http://clima.inifap.gob.mx/redclima/>

- Intrigliolo, F., Tittarelli, F. Rocuzzo, G. and Canali, S. 1998. La fertilizzazione degli agrumi, *L'informatore agrario*. 9: 79-84.
- Jackson M., L. 1964. Análisis químico de suelos. Beltran M. J. (Tr.) Edil. Omega, Barcelona España. 248.
- Jiang, Y., B. Huang, and K. Yu. 1985. Leaf area estimation by non-destructive methods in watermelon (*Citrullus lonatus*). *Acta Hort.* Sin. 12: 107-112.
- Jiang, Y., L. H. Yao, A. Lichter, and J. R. Li, 2003. Postharvest biology and technology of litchi fruit. *J. Food Agric. Environ.* 2: 76-81.
- Jiang, Y., G. Zauberman, and Y. Fuchs. 1997. Partial purification and some properties of polyphenol oxidase extracted from litchi fruit pericarp. *Postharvest Biol. Technol.* 10: 221-228.
- Kabir, J., R. Roychoudhury, S. K. Ray, and R. S. Dhua. 2005. Harvesting lychee fruits. II International Symposium on Lychee, Longan, Rambutan and other Sapindaceae Plants. *Acta Hort.* 665: 339-345.
- Kadman, A. and E. Slor. 1982. Litchi growing in Israel. *Alon Hanatca*. 36: 673-686.
- Kadman, A. and E. Tomer. 1987. Effect of nitrogen fertilizer level on growth of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). *J. Plant Nutr.* 10: 1853-1857.
- Khan Saheb Abdur Rahman. 1929. Pollination and fruit formation in litchi. *Agr. Jour. India* 24: 183-187.
- Khaosumain, Y., C. Sitontip, and S. Changjeraja, 2005. Effects of nitrogen fertilizer on growth, flowering and fruit quality in longan (*Dimocarpous longan* Lour.) cv. Daw. *Agri. Sci. J.* 36: 338-341.
- Khaosumain, Y. Sritontip, C. and Changjeraja S. 2008 Effects of Nitrogen Concentration on Growth and Leaf Nutrient Content of Longan in Lysimeter. *Proc. IW on TSF, Eds.: N. Chomchalow et al. Acta Hort.* 787: 251-254.
- Koen, T. 1977. Manurial requirements of litchi trees. *Inf. Bull. Citrus Sub-Trop. Fruit Res. Inst.* 57: 7.
- Koch, K. E. 1996. Carbohydrate-modulated gene expression in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 47: 509-540.

- Koen, T. J., W. Langenegger, and G. Smart. 1981. Determination of the fertilizer requirements of litchi trees. *Inf. Bull. Citrus Sub-Trop. Fruit Res.* 103: 9-12.
- Koen, F., W. Langenegger, and G. Smart. 1993. Determination of the fertilizer requirements of litchi trees. *Subtropica*, 2 (3). In *Citrus and subtropical Fruit Research Institute. Information Bulletin*, 103: 9-12.
- Koen, T. J. and G. Smart. 1982, Effect of optimal manuring on the production and fruit quality of litchi trees. *Inf. Bull. Citrus Sub-Trop. Fruit Res. Inst.*, 117: 1-2.
- Kotur, S. C. and H. P. Singh. 1993. Leaf-sampling technique in litchi (*Litchi chinensis*), *Indian J. Agric. Sci.* 63: 632-638.
- Kozłowski, T., P. Kramer y S. Pallardy. 1991. *The Physiological Ecology of Woody Plants*. Academic Press. New York.
- Larcher, W. 2000. *Ecofisiologia vegetal*. São Paulo: Rima. 531p.
- Lake, B. 1988. Lychees. Growth in Queensland Industry. *Austr. Horti.* 863: 80-81.
- Lawlor, D. W., W. Day, A. E. Johnston, B. J. Legg, and K. J. Parkinson, 1981. Growth of spring barley under drought: crop development, photosynthesis, dry-matter accumulation and nutrient content. *J. Agric. Sci.* 96: 167-186.
- Li Y., J. H. Crane, B. J. Boman and C. F. Balerdi. 2000. Fertilizer management survey for tropical fruit crops in South Florida. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 112: 172-176.
- Li, Y. T. L. Davenport, R. Rao, and Q. Zheng. 2001a. Nitrogen, flowering and production of lychee in Florida. *Proc. I Int. Symp. on Litchi and Longan*. Eds. H. Huang and C. Menzel. *Acta Hort.* 558: 221-224.
- Li J. and H. Huang. 1995. Physico-chemical properties and peel morphology in relation to fruit-cracking susceptibility in litchi fruit. *J. South China Agric. University.* 16: 84-89.
- Li, J., H. Huang, F. Gao, X. Huang, and H. Wang. 2001b. An overview of the research in litchi fruit cracking. *Abst. 1st Int. Symposium on litchi and longan*. Guangzhou, China. 46.
- Li, J., D. H. Zeng, Z. Y. Yu, Z. P. Fan, R. P. Mao, L. Peri. 2011. Foliar N/P ratio and nutrient limitation to vegetation growth on Keerqin sandy grassland of North-east China. *Grass and Forage Sci.* 66: 237-242.
- Lindsay W. L. and W. A. Norvell, 1978, Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Sci. Am. J.* 42: 421-428.

- Loebel, R. 1976. The litchi. Trop. Fruit Bull. N.S.W. Dep. Agric. 6: 1-12.
- Lynch, S. J., S. Golweber, and C. E. Rich. 1974. Some effects of nitrogen, phosphorus and potassium on the yield, tree growth and leaf analysis of avocado. Proc. Florida State Hort. Soc. 67: 220-223.
- Lu, C. and J. Zhang. 2000. Photosynthetic CO<sub>2</sub> assimilation, chlorophyll fluorescence, and photoinhibition as affected by nitrogen deficiency in maize plants. Plant Sci. 151: 135-143.
- MAG, 2001. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. [http://www.sica.gov.ec/agronegocios/Biblioteca/Convenio%20MAG%20IICA/productos/lichi\\_mag.pdf](http://www.sica.gov.ec/agronegocios/Biblioteca/Convenio%20MAG%20IICA/productos/lichi_mag.pdf).
- MaUik, P. C. and D. L. Singh. 1965. Hunger signs in litchi (*Litchi chinensis*). Indian Agric. 9: 127-132.
- Manivasagaperumal, R., P. Vijayarangan, S. Balamurugan, and G. Thiyagarajan. 2011. Effect of copper on growth, dry matter yield and nutrient content of *vigna radiata* (l.) wilczek. J. Phytology. 3: 53-62.
- Marschner, H. 2002. Mineral nutrition of higher plants (2<sup>a</sup>ed.). San Diego: Academic Press.
- Menesatti, P., F. Antonucci, F. Pallottino, G. Rocuzzo, M. Allegra, F. Stagno, and F. Intrigliolo. 2010. Estimation of plant nutritional status by Vis-NIR spectrophotometric analysis on orange leaves [*Citrus sinensis* (L) Osbeck cv Tarocco]. Biosystems Engineering. 105: 448-454.
- Menzel C. M. 1983. The control of floral initiation in lychee: a review. Sci. Hort. 21: 201-215.
- Menzel, C. M. 1984. The pattern and control of reproductive development in lychee: a review. Sci. Hort. 22: 333-45.
- Menzel, C. M. 1985. Propagation of lychee: a review. Sci. Hort. 25: 31-48.
- Menzel, C. M. 1991. *Litchi chinensis* Sonn. In: Plant Resources of South-East Asia. E.W.M. Verheij and R.E. Coronel eds. Pudoc Wageningen. pp 191-195.
- Menzel, C. M. 2001. The physiology of growth and cropping in Lychee. Proc. I Int. Symp. on Litchi and Longan. Eds. H. Huang and C. Menzel. Acta Hort. 558: 175-184.
- Menzel, C. M. 2002a. Lychee production in Australia. In: Papademetriou, M. K. and Dent, F.J. (eds) Lychee Production in the Asia-Pacific Region. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Bangkok, Thailand. 14-27.

- Menzel, C. M. 2002b. The lychee crop in the Asia and the Pacific. FAO/RAP Publication 2002/16, Bangkok.
- Menzel, C. Aitken, R. L., Dowling, A.W. and Simpson, D.R. 1990. Root distribution of lychee trees growing in acid soils of subtropical Queensland. *Austr J. Exp. Agric.* 30: 699-705.
- Menzel, C. Barry, G. A. and D. R. Simpson. 1992a. Observations on the concentrations of soil nutrients in lychee orchards in sub-tropical Australia. *J. Southern African Soc. Hort. Sci.* 2:36-40.
- Menzel, C. M., M. L. Carseldine, and D. R. Simpson. 1988. Crop development and leaf nitrogen in lychee in subtropical Queensland. *Austr. J. Exp. Agric.* 28: 793-800.
- Menzel, C. M., K. R. Chapman, B. F. Paxton and D. R. Simpson. 1986. Growth and yield of lychee cultivars in subtropical Queensland. *Aust. J. Exp. Agric.* 26: 261-265.
- Menzel, C. M., M. L. Carseldine, G. F. Haydon, and D. R. Simpson. 1992b. A review of existing and proposed new leaf nutrient standards for lychee. *Sci. Hort.* 49: 33-53.
- Menzel C. M., G. F. Haydon, V. J. Doogan, D. R. Simpson. 1994. Time of nitrogen application and yield of Bengal lychee on a sandy loam soil in subtropical Queensland. *Austr. J. Exp. Agric.* 34: 803-811.
- Menzel, C. M., G. F. Haydon, and D. R. Simpson. 1992c. Mineral nutrient reserves in bearing litchi trees (*Litchi chinensis* Sonn.). *J. Hort. Sci.* 67: 149-160.
- Menzel, C. M., G. F. Haydon, and D. R. Simpson. 1995b. Growth of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) in sand culture under variable nitrogen supply. *J. Hort. Sci.* 70: 757-767.
- Menzel, C. M., and C. A. McConchie. 2000. Lychee and longan. *The New Rural Industries a Handbook for Farmers and Investors.* 288-295.
- Menzel, C. M., T. Olesen, and C. A. McConchie. 2000a. Marketing profit from lychees in Australia. *Proc. 5<sup>th</sup> National Lychee Conf.* Twin Waters, Australia. 5-15.
- Menzel, C. M. and D. R. Simpson. 1987a. Lychee nutrition: A review. *Sci. Hort.* 31: 195-224.
- Menzel, C. M. and D. R. Simpson. 1987b. Effect of cincturing on growth and flowering of lychee over several seasons in subtropical Queensland. *Austr. J. Exp. Agric.* 27: 733-738.

- Menzel, C. M. and D. R. Simpson. 1988. Effect of temperature on growth and flowering of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) cultivars. J. Hort. Sci. 63: 347-358.
- Menzel, C. M., and D. R. Simpson. 1990. Performance and improvement of litchi cultivars: a review. Fruit Varieties J. 44: 197-215.
- Menzel, C. M., and R. D. Simpson. 1992a. Flowering and fruit set in lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) in subtropical Queensland. Austr. J. Exp. Agric. 32: 105-111.
- Menzel, C. M., and D. R. Simpson. 1992b. Growth, flowering and yield of lychee cultivars. Sci. Hort. 49: 243-254.
- Menzel, C. M., and D. R. Simpson. 1992c. Effect of environment on growth and flowering of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). Austr. J. Exp. Agric. 32: 105-111.
- Menzel, C. M., and D. R. Simpson. 1994. Lychee. In: Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops. B. Schaffer and P.C. Andersen eds. CRC Press. 2: 123-145.
- Menzel, C. M., and Simpson D. R. 1995. Temperatures above 20 °C reduce flowering in lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). J. Hort. Sci. 70: 981-987.
- Menzel, C. M., D. R. Simpson, and G. F. Haydon. 1992d. Partitioning of nutrients in bearing lychee trees (*Litchi chinensis* Sonn). Acta Hort. 321.
- Menzel, C. M., D. R. Simpson, G. F. Haydon, and V. J. Doogan. 1995a. Phosphorus and potassium fertilization of lychee. J. Southern African Soc. Hort. Sci. 5: 97-99.
- Menzel, C. M., T. Olesen, C. McConchie, N. Wiltshire, Y. Diczbalis, and C. Wicks. 2000b. Lychee, longan and rambutan. Optimising Canopy Management. Publication no. 00/29, RIRDC, Barton, ACT.pp.1-90.
- Menzel, C. M., J. H. Oosthuizen, D. J. Roe, and V. J. Doogan. 1995c. Water deficits at anthesis reduce CO<sub>2</sub> assimilation and yield of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) trees. Tree Physiol. 15: 611-617.
- Menzel, C. M., T. S. Rasmussen, D. R. Simpson. 1995d. Carbohydrate reserves in lychee trees (*Litchi chinensis* Sonn.). J. Hort. Sci. 70, 245-255.
- Menzel, C. M. and G. K. Waite. 2005. Litchi and Longan Botany, Production and Uses. CABI Publishing is a division of CAB International. pp. 1-297.
- Menzel, C., B. J. Watson, and D. R. Simpson. 1988. Fruit Abscission Pattern of Lychee Cultivars. Queensland Agric. J. 19-27.

- Meza N., y Bautista D. 1999. Estimación del área foliar en plantas jóvenes de níspero (*Manilkara achras* [Miller] Fosberg) sometidas a dos ambientes de luz. *Bioagro* 11: 24-28.
- Mitra, S. K. and D. Sanyal. 2001. Effect of cincturing and chemicals on flowering of litchi. *Proc.I Int. Symp. on Litchi and Longan. Acta Hort.* 558:217-220.
- Mitra, S. K. 2002. Overview of lychee production in the Asia-Pacific region. In: Papademetriou, M.K. and Dent, F.J. (eds) *Lychee Production in the Asia-Pacific Region. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Bangkok, Thailand*, pp. 5-13.
- Mitra, S. K., L. S. Pereira, and P.K. Pathak. 2005. Fruit Abscission Pattern of Lychee Cultivars. *Proc. 2nd IS on Lychee, Longan, Rambutan and Other Sapindaceae Plants. Eds. Chomchalow and Sukhvibul. Acta Hort.* 665: 215-218.
- Morton, 1987. Lychee. In: J.F. Morton. Editor, *Fruits of Warm Climates*. Miami, pp. 249-259.
- Nacif, S. R., P. A. Sartori, and S. L. Chamhum. 2001. Morphological and anatomical development of the litchi fruit (*litchi chinensis* Sonn. Cv. Brewster). *Fruits* 56: 225-233.
- Nagao M. A., E. B. Hoa, and M. S. Nishina. 2000. December Pruning of vegetative flushes affects flowering of "Kaimana" Lychee in Hawaii. *J. Hawaiian Pacific Agric.* 11: 17-21.
- Nakata, S. 1956. Lychee flowering and girdling. *Hawaii Farm Sci.* 4: 4-5.
- Nakata S. and R. Suehisa. 1969. Growth and development of *Litchi chinensis* as affected by soil-moisture stress. *Amer. J. Bot.* 56: 1121-1126.
- Obreza, T. A., A. K. Alva, E. A. Hanlon, and Rouse, R. E. 1992. Citrus grove leaf tissue and soil testing: sampling, analysis, and interpretation. University of Florida, Cooperative Extension Service Bulletin, SL. 115: 1-4.
- Ohto, M., K. Onai, Y. Furukawa, E. Aoki, T. Araki, and K. Nakamura. 2001. Effects of sugar on vegetative development and floral transition in *Arabidopsis*. *Plant Physiol.* 127: 257-261.
- O'Hare, T. J. 2002. Interaction of temperature and vegetative flush maturity influences shoot structure and development of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). *Sci. Hort.* 95: 203-211.

- Olesen, T., Robertson, D., Muldoon, S., and Meyer, R. 2008. The role of carbohydrate reserves in evergreen tree development, with particular reference to macadamia. *Sci. Hort.* 117: 73-77.
- Osuma E., G. Valenzuela, M. Dolores, A. Gardea y M. Villareal. 2008. Expresión del sexo y anatomía floral del litchi (*litchi chinensis* Sonn) *Rev. Fitot. Mexicana.* 31: 51-56.
- Paul, M. J., M. Stitt. 1993. Effects of nitrogen and phosphorus deficiencies on levels of carbohydrates, respiratory enzymes and metabolites in seedlings of tobacco and their response to exogenous sucrose. *Plant, Cell and Environment.* 16: 1047-57.
- Pereira, L. S., P. K. Pathak, and S. K. Mitra, 2005. Extent of fruit cracking and sun burning in different lychee cultivars. *Acta Hort.* 665: 141-146.
- Pesis, E., O. Dvir, O. Feygenberg, A. R. Ben, M. Ackerman, and A. Lichter. 2002. Production of acetaldehyde and ethanol during maturation and modified atmosphere storage of litchi fruit. *Postharv. Biol. Technol.* 26: 157-165.
- Popenoe, W. 1976. *Manual of tropical and subtropical fruits* (Facsimil ed. 1920). Haffner Press. New York.
- Rao, G. P., B. H. Khan, and K. L. Chadha. 1978. Comparison of methods of estimating leaf surfaces area through leaf characteristics in some cultiars of *Mangifera indica*. *Sci. Hort.* 8: 341-343.
- Ray, R. y P. Singh. 1989. Leaf area estimation in *Capsicum* (*Capsicum annuum* L.). *Sci. Hort.* 39: 181-188.
- Reis, A. R., J. L. Favarin, E. Malavolta, J. L. Júnior, M. F. Moraes. 2009. Photosynthesis, chlorophylls, and SPAD readings in coffee leaves in relation to nitrogen supply. *Communications in Soil Science and Plant Analysis.* 40: 1512-1528.
- Ricupero R., 2003. *Frutas y verduras biológicas tropicales Información sobre Mercado, Certificación y Producción para Productores y Compañías Comercializadoras Internacionales.* Derechos reservados © Naciones Unidas.
- Rouse, R. D. 1968. Soil testing theory and calibration for cotton, corn, soybeans, and costal Bermudagrass, *Bulletin 375*, Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama, USA.
- Rodríguez M., Ma. De las N., G. G. Alcántar, A. Aguilar, B. Etchevers, y J. A. Santizo. 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. *Terra.* 16: 135-141.

- Roygrong, S. 2006. Role of boron and zinc in flower induction of lychee (*Litchichinensis* Sonn.). Proceedings of the International Symposium "Towards Sustainable Livelihoods and Ecosystems in Mountainous Regions", Chiang Mai, Thailand. 7-9.
- SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT® User's Guide. Version 9.0 SAS Institute Inc., Cary, NC: pp: 209-243.
- Samson J., A. 1991. Fruticultura Tropical Ed. Limusa, México, D.F.
- Sandoval R., G. Arreola, A. Lagarda, R. Trejo, O. Esquivel, y G. García. 2010. Efecto de niveles de NaCl sobre fotosíntesis y conductancia estomática en nogal pecanero (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch). Rev. Chapingo Serie Zonas Aridas. 9: 135-141.
- Samra, J. S., R. S. Thakur, and K. L. Chadha. 1987. Evaluation of existing critical limits of leaf nutrient standards in mango. Sci. Hort. 8: 349-355.
- Sainz R., H. y Echeverría H. E. 1998. Relación entre las lecturas del medidor de clorofila (Minolta SPAD 502) en distintos estadios del ciclo del cultivo de maíz y el rendimiento en grano. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata. 103.
- Sarin, N. B., U. S. Prasad, M. Kumar, and S. M. Jain. 2009. Litchi Breeding for Genetic Improvement. Springer Science+Business Media. 7. 217-245.
- Sethapakdee, R. (2002) Lychee production in Thailand. In: Papademetriou, M.K. and Dent, F.J. (eds) Lychee Production in the Asia-Pacific Region. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Bangkok, Thailand, pp. 106–113.
- Schepers, J. S., D. D. Francis, M. F. Vigil, and F. E. Below. 1992. Comparisons of corn leaf nitrogen concentration and chlorophyll meter readings. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 23: 2173-2187.
- Schwentsius R., R., y A. Gómez, C. 2001. El litchi, la fruta más fina del mundo. Mundi-Prensa. 2ª edición. México. 144p.
- Siddiqui, S. 2002. Lychee production in Bangladesh. In: Papademetriou, M.K. and Dent, F.J. (eds) Lychee Production in the Asia-Pacific Region. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Bangkok, Thailand, 28-40.
- Singh, H. and Babita, S. 2002. Lychee production in India. In: Papademetriou, M.K. and Dent, F.J. (eds) Lychee Production in the Asia-Pacific Region. Food and Agricultural Organization the United Nations, Bangkok, Thailand. 55-67.
- SIAP, 2009 y 2010. (SIAP-Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA. México. www.sagarpa.org.mx. (octubre de 2011).

- Smit, M., J. J. Meintjes, G. Jacobs, P. J. Stassen, K. I. Theron. 2005. Shoot growth control of pear trees (*Pyrus communis* L.) with prohexadionecalcium. *Sci. Hort.* 106: 515-529.
- Sivakumar D. and L. Korsten. 2007. Relating leaf nutrient status to fruit quality attributes in Litchi cv. 'Mauritius'. *J. Plant Nutrition.* 30: 1727-1735.
- Sotto, R. 2002. Lychee production in the Philippines. In: Papademetriou, M.K. and Dent, F.J. (eds) *Lychee Production in the Asia- Pacific Region*. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Bangkok, Thailand. 94-105.
- Song, S.W., Z. H. Wang, X. Q. Zhao, S. G. Xie, Y. N. Zeng, J. G. Li, and Y. H. Xie. 2007. Effects of water stress on diurnal changes in the net photosynthetic rate of adult litchi in different seasons. *J. Trop. Subtrop. Bot.* 15: 482-486.
- Sritontip, C. Y. Khaosumain, and S. Changjeraja. 2008. Effects of Nitrogen Concentrations on Photosynthesis Change of Longan in Lysimeter. Proc. IV on TSF Eds.: N. Chomchalow *et al.* *Acta Hort.* 787: 255-258.
- Stitt, M. 1991. Rising CO<sub>2</sub> levels and their potential significance for carbon flow in photosynthetic cells. *Plant, Cell and Environment.* 14: 741-62.
- Stephenson, R., E. C. Gallagher, and T. S. Rasmussen. 1989. Effects of growth manipulation on carbohydrate reserves of macadamia trees. *Sci. Hortic.* 40:227-235.
- Stern, R. and S. Gazit. 2003. The reproductive biology of the lychee. *Hort. Rev.* 28: 393-453.
- Stern, R., S. Gazit, R. El-Batsri, and C. Degani. 1993. Pollen parent effect on outcrossing rate, yield and fruit characteristics of 'Floridian' and 'Mauritius' lychee. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118: 109-114.
- Stern, R., M. Goren, and S. Gazit. 2005. The effect of shoot pruning during the fall and winter on lychee flowering and yield. II International Symposium on Lychee, Longan, Rambutan and other Sapindaceae Plants. *Acta Hort.* 665: 331-336.
- Stern, R. A., J. Kigel, E. Tomer, and S. Gazit 1995. Mauritius lychee fruit development and reduced abscission after treatment with auxin 2, 4, 5-TP. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120:65-70.
- Stern R.A., Meron M., Naor M., Wallach R., Bravdo B. and Gazit S., 1998. Effects of fall irrigation level in 'Mauritius' and 'Floridan' lychee on soil and plant water status, flowering intensity, and yield. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 123: 150-155.

- Tang, N., L. T. Yang, Q. Li and L. S. Chen. 2010. Physiological Responses of Litchi to Drought. Proc. 3rd IS on Longan, Lychee and Other Fruit Trees in Sapindaceae Family. Acta Hort. 863: 273-277.
- Thomas, M., J. Ferguson, and J. Crane 1995. Identification of N, K, Mg, Mn, Zn and Fe deficiency symptoms of carambola, lychee, and papaya grown in sand culture. Proc. Fla. State Hort. Soc. 108: 370-373.
- Tóth, V. R., I. Meszaros, S. Verez and J. Nagy. 2002. Effects of the available nitrogen on the photosynthetic activity and xanthophyll cycle of maize in field. Journal Plant Physiology 159: 627-634.
- Tongumpai, P., S. Subhadrabandhu, N. Suppakitjarak and S. Ketsa. 1997. Study of paclobutrazol on mango (*Mangifera indica* L.) cv. Khiew Sawoeyl. Effect on gibberellin-like substances in terminal shoot and flowering. Thai. J. Agric. Sci. 30: 147-158.
- Trejo-Téllez L., I., Rodríguez-Mendoza Ma. de las N., Alcántar-González G. y Vázquez-Alarcón A. 2003. Fertilización foliar específica para corregir deficiencias nutrimentales en tres tipos de suelo. Terra 21: 365-372.
- Urrestarazu, M., A. Guzmán, M. Sánchez, C. Salas, y F. A. Lorente. 1999. Effect of evolution in the increase the nutrient solution electrical conduction on quality parameters of tomato seedlings. Acta Hort. 487: 213-218.
- Valle G., Alonso A. y Alia I. 2008. Atmósfera con bajo O<sub>2</sub> y alto CO<sub>2</sub> Para la conservación de frutos de litchi. Revista Fitotecnia Mexicana. 31: 157-164.
- Valdivia J., A. Trinidad S. and R. A. Muñoz. 2010. Nutritional Survey of Lychee on the Coast Area of the Gulf of Mexico. Proc. 3rd IS on Longan, Lychee y Other Fruit Trees in Sapindaceae Family. Acta Hort. 863: 413-424.
- Vieira, G., F. Finger, and L. Agnes. 1996. El Growth and development of litchi fruit cv. Brewster. Bragantia, Campinas. 55: 325-328.
- Villar Z., D. y B. R. Ortega. 2007. Bases teóricas y aplicación para la fertilización nitrogenada en cultivos. Centro de Agricultura de Precisión, Departamento de Ciencias Vegetales. Universidad de Colombia.
- Vos, J. 1996. Input and off take of nitrogen, phosphorus and potassium in cropping systems with potato as a main crop and sugar beet and spring wheat as subsidiary crops. European Journal of Agronomy. 5: 105-114.
- Wall, M. M. 2006. Ascorbic acid and mineral composition of longan (*Dimocarpus longan*). Lychee (*litchi chinensis*) and rambutan (*Nephelium lappaceum*) cultivars grown in Hawaii. J. of Food Composition and Analysis 19: 655-663.

- Walsh, L. M. and J. D. Beaton. 1973. Soil Testing and Plant Analysis, *Soil Science Society of America*, Madison, Wisconsin, USA .
- Wang, J. B., X. S. Wang, and Z. Q. Jin. 2010. Enzymatic Browning of Postharvest Litchi: a Review. *Acta Hort.* 863. 613-614.
- Whittingham, C. P. 1974. The mechanism of photosynthesis. American Elsevier Pub. Co. (New York).
- Xu, X., H. Xie, L. Xu, and X. Wei. 2011. A novel cyclopropyl-containing fatty acid glucoside from the seeds of *Litchi chinensis*. *Fitoterapia.* 82: 485-488.
- Yao, L. Chao Xuan, Mo Qi An, He Guo Ming, Zhou Xiu Zhong, Chen Wan Zhen. 2004. Study on applying potassium and magnesium fertilizers for litchi trees. *South China Fruits.* 33: 32-33.
- Yamdagani, R., D. S. Balyan, and P. C. Jindal. 1980. A note on the effect of nitrogen on litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). *Haryana J. Hortic. Sci.* 9: 141-143.
- Yee, W. 1971. The Lytchee in Hawaii. University of Hawaii Cooperative Extension Service and Hawaii Agricultura Experiment Station. Circular No. 366. 24.
- Young, T. W. 1957. Lychee branch girdling. *Annu. Rep. Fla. Agric. Exp.* 353-354.
- Young, T. W. and R. W. Harkness. 1961. Flowering and fruiting behaviour of Brewster lychees in Florida. *Proc. Fla. State Hortic. Soc.* 74: 358-363.
- Zee, F., M. Nagao, M. Nishina and A. Kawabata. 1999. Growing lychee in Hawaii. Univ. of HI, Coll. Trop. Agr.and Hum Resour. Coop. Ext. Serv. Fruits and Nuts.F and N-2.
- Zhang, Z. Q., X. Q. Pang, Z. L Ji, and Y. M. Jiang. 2001. Role of anthocyanin degradazation in litchi preicarp browning. *Food Chemistry* 75: 217-221.
- Zhang, Z. Q., X. Q. Pang, Y. Chong, Z. L. Ji, and Y. M. Jiang. 2004. Purification and structural analysis of anthocyanins from litchi pericarp. *Food Chemistry* 84:601-604.

## VIII. ANEXOS

Cuadro 15. Efecto de tratamientos en variables de árboles de litchi en rancho “Refugio”.

Tratamientos	BREWSTER				
	Floración 2011 (%)	Rendimiento 2011(kg)	Lecturas SPAD	Rendimiento brotes (kg)	Área foliar (m <sup>2</sup> )
0%	6.70 d	0.3b	32.9d	1.4d	151f
25%	20.3 bcd	0.5b	33.7d	3.1cd	170e
50%	36.3abc	1.5b	38.4c	4.4bc	187d
75%	28.7bcd	1.4b	38.9c	6.8b	209c
100%	38.8ab	1.5b	40.1bc	13.4a	235b
125%	27.0cd	1.9ab	45.3a	14.0a	243b
100%C	6.0cd	0.3b	40.0bc	15.1a	274a
100%EM	63.8a	3.6a	40.6bc	12.9a	262a
100% EM+Cal	17.8bcd	0.3b	42.4b	14.6a	268a
r <sup>2</sup>	0.89	0.51	0.93	0.96	0.98
CV (%)	11.5	20.12	2.95	11.86	2.36

Promedios seguidos de la misma letra, dentro de cada columna, no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). Coeficiente de variación (CV), Compost (C), Elementos Menores (EM) y Elementos Menores y Cal (EM+Cal).

Cuadro 16. Efecto de tratamientos en las variables de árboles de litchi en el rancho “Ceiba”.

Tratamientos	MAURITIUS			
	Floración 2011 (%)	Lecturas SPAD	Rendimiento brotes (kg)	Área foliar (m <sup>2</sup> )
0%	2.8b	37.2c	2.5d	136e
25%	3.8b	40.4bc	3.4d	173d
50%	10.0ab	44.4ab	6.0c	190d
75%	14.0ab	46.9a	12.2ab	251c
100%	32.5ab	48.4a	13.9a	322a
125%	46.3a	48.5a	13.8a	293b
100%C	25.0ab	48.6a	12.5ab	290bc
100%EM	36.2ab	48.4a	11.6b	269bc
100% EM+Cal	21.3ab	47.5a	14.2a	324a
r <sup>2</sup>	0.88	0.79	0.97	0.98
CV (%)	0.14	5.02	8.63	4.06

Promedios seguidos de la misma letra, dentro de cada columna, no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). Coeficiente de variación (CV), Compost (C), Elementos Menores (EM) y Elementos Menores y Cal (EM+Cal).