



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS

**"EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN
POTÁSICA Y EL ANILLADO EN EL CULTIVO DE LITCHI
(*Litchi chinensis* Sonn.) cv Brewster"**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS**

PRESENTA:

CIRCE AIDÍN ABURTO GONZÁLEZ

Xalisco, Nayarit; Febrero, 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT



SISTEMA DE BIBLIOTECAS

Dr. J. Diego García Paredes
Coordinador de Posgrado CBAP
PRESENTE

Los que suscribimos, integrantes del Consejo Tutorial de la alumna Ing. **Circe Aidín Aburto González**, declaramos que hemos revisado la tesis titulada **"Evaluación del efecto de la fertilización potásica y el anillado en el cultivo de litchi (*Litchi chinensis* Sonn)"** y determinamos que la tesis puede ser presentada por la alumna para aspirar al grado de Maestría en Ciencias Biológico Agropecuarias con opción terminal en Ciencias Agrícolas.

ATENTAMENTE
EL CONSEJO TUTORIAL

Dr. Gelacio Alejo Santiago
Director

Dr. Gregorio Luna Esquivel
Co-director

Dra. Leobarda Guadalupe Ramirez
Guerrero
Asesora

Dr. Juan Diego García Paredes
Asesor

M.C. Maria Goretti Valdivia Reynoso
Asesora

M.C. Ana Luisa Sánchez Monteón
Asesora



CBAP/015/16.

Xalisco, Nayarit: 11 de febrero de 2016.

ING. ALFREDO GONZÁLEZ JÁUREGUI
DIRECTOR DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
P R E S E N T E.

Con base al oficio de fecha 10 de febrero del presente, enviado por los CC. Dr. Gelacio Alejo Santiago, Dr. Gregorio Luna Esquivel, Dra. Leobarda Guadalupe Ramírez Guerrero, Dr. Juan Diego García Paredes, M.C. María Goreti Valdivia Reynoso y M.C. Ana Luisa Sánchez Monteón, donde se indica que el trabajo de tesis cumple con lo establecido en forma y contenido, y debido a que ha finalizado con los demás requisitos que establece nuestra institución, se autoriza a la C. Circe Aidin Aburto González, continúe con los trámites necesarios para la presentación del examen de grado de Maestría en Ciencias Biológico Agropecuarias en el Área de Ciencias Agrícolas.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente
"Por lo Nuestro a lo Universal"


Dr. Diego García Paredes
Coordinador del Posgrado



C.c.p.- Expediente

&meta

AGRADECIMIENTOS

Posgrado de Ciencias Biológicas Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Nayari, a sus docentes y administrativos que contribuyeron en mi formación.

Dr. Gelacio Alejo Santiago, por su excelente trabajo de dirección, entrega y dedicación a la dirección de la tesis. Por todas las llamadas de atención en campo, en laboratorio y en redacción aprendí mucho, gracias por este esfuerzo conjunto.

Dra. Leobarda Guadalupe Ramirez Guerrero, por sus excelentes consejos, aportaciones en la parte estadística y su amistad.

M.C. Goretti Valdivia Reynoso, por tener la paciencia para enseñarme nuevas metodologías, sus valiosas y acertadas recomendaciones en este trabajo además de su amistad y apoyo incondicional.

M.C. Ana Luisa Sánchez Monteón, por todas las aportaciones y mejoras en la redacción del documento y su valiosa amistad.

Dr. Gregorio Luna Esquivel, por todos sus conocimientos en el área de manejo en campo, por ser tan observador y exigente.

Dr. Diego García Paredes, por sus valiosas recomendaciones y aportaciones.

Dra. Ana Ma. Castillo González. Por confiar en mí y aunque ha pasado el tiempo no olvido su apoyo y gratitud. A pesar de la distancia siempre estuvo presente en la revisión y mejora de este proyecto que también es suyo ya que sembró en mí la inquietud de la investigación, gracias.

Ing. Bertha Alicia López Bueno, por ser parte importante en esta investigación, compartir tantas horas juntas en campo, en laboratorio y ser mi brazo derecho. Además de ser una gran alumna. Gracias.

Ing. Federico Guerrero Polanco, gracias por ayudarme en este arduo proceso, siempre estuviste en cada momento de campo y laboratorio convivimos momentos muy significativos y bonitos después de cada muestreo, gracias.

Ing. Paul Enrique Cienfuegos Álvarez, por su paciencia y apoyo en el laboratorio de análisis de suelo y tejido vegetal.

Al Dr. Sebastián Arteaga Bugarín, que amablemente prestó su huerto para realizar la investigación.

DEDICATORIA

Jehová, por permitirme cumplir este ideal, darme la salud y fortaleza para culminar este proyecto de vida, además de tener la dicha de realizarla en compañía de todos mis seres queridos.

Gelacio Alejo Santiago mi esposo, por ayudarme a realizar un proyecto que se había postergado por muchos años y hoy vemos cumplido a pesar del trabajo, el cansancio la enfermedad y todo cuanto se presentó, me ayudaste a superar. Gracias por tu amor, apoyo moral, económico y comprensión. Sin ti no hubiera sido posible hoy hemos logrado un objetivo más en nuestro proyecto de vida.

A mis hijos; Raúl Iván y Aidín Miroslava; que son el motor de mi vida que durante este proceso entendieron mis ausencias y no me reprocharon nunca. Gracias por su comprensión y colaboración. Con todo mi amor les dedico este triunfo que es también de ustedes.

Mis padres Celia González Hernández y José de Jesús Aburto Alarcón. Por darme la vida, por su apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida, por encima de cualquier circunstancia, gracias por darme siempre su amor.

Nasser Enrique Aburto González, hermano por fin hoy culminó un sueño que empezó hace 15 años junto a ti; gracias por todo tu apoyo

A toda mi familia que siempre ha estado pendiente de mí y que indirectamente me ha regalado palabras de motivación.

Josefina González Hernández, mi tía por todos tus consejos y apoyo en todas las etapas de mi vida.

Índice de cuadros

Cuadro	Título	Pág
1	Metodologías para análisis de suelo. PROY-NOM-021-RECNAT-2000.....	16
2	Características del suelo del huerto.....	16
3	Concentración nutrimental foliar en las 7 hileras de litchi, huerto Cerro del Tigre, mes de julio, 2013.....	17
4	Comparación de la concentración nutrimental foliar del huerto Cerro del Tigre en Tepic, Nayarit Julio 2013. Con los estándares de Menzel y Simpson 1987a	18
5	Tratamientos evaluados en el cultivo de litchi.....	20
6	Concentración foliar de nitrógeno, en litchi cv Brewster de ocho años, con aplicaciones de dosis de potasio. Cerro del Tigre, Tepic Nayarit...	25
7	Concentración foliar de fósforo en litchi cv Brewster de ocho años, con aplicaciones de dosis de potasio. Cerro del Tigre, Tepic Nayarit..	28
8	Concentración foliar de potasio en litchi cv Brewster de ocho años, con aplicaciones de dosis de potasio. Cerro del Tigre, Tepic Nayarit..	31
9	Concentración foliar de calcio en litchi cv Brewster de ocho años, con aplicaciones de dosis de potasio. Cerro del Tigre, Tepic Nayarit.....	34
10	Concentración foliar de magnesio en litchi cv Brewster de ocho años, con aplicaciones de dosis de potasio. Cerro del Tigre, Tepic Nayarit...	36
11	Efecto de fertilización potásica en rendimiento de litchi.....	43
12	Efecto de fertilización potásica en proporción de cáscara, pulpa y semilla en frutos de litchi cv Brewster.....	45
13	Efecto de la fertilización potásica en las variables de ancho y longitud de fruto de litchi cv. Brewster.....	47
14	Efecto de la fertilización potásica en las variables de pH, °Brix y % de acidez titulable	49
15	Parámetros de color en frutos de litchi cv Brewster.....	50
16	Pérdida de peso en frutos de litchi cv 'Brewster'.....	51

Índice de figuras

Figura	Título	Pág
1	Distribución de tratamientos.....	21
2	Relación entre concentración foliar de fósforo y dosis de K aplicado en árboles de litchi cv Brewster. a) con anillado y b) sin anillado.....	30
3	Dinámica de nitrógeno en árboles de litchi cv Brewster de ocho años de edad, en diferentes etapas fenológicas.....	38
4	Dinámica de fósforo en árboles de litchi cv Brewster de ocho años de edad, en diferentes etapas fenológicas.....	39
5	Dinámica de potasio en árboles de litchi cv Brewster de ocho años de edad, en diferentes etapas fenológicas.....	40
6	Dinámica de calcio en árboles de litchi cv Brewster de ocho años de edad, en diferentes etapas fenológicas.....	41
7	Dinámica de magnesio en árboles de litchi cv Brewster de ocho años de edad, en diferentes etapas fenológicas.....	42

ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
RESUMEN.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos.....	2
Hipótesis.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Generalidades del cultivo.....	3
2.2. Situación mundial.....	3
2.3. Importancia en México.....	4
2.4. Importancia en Nayarit.....	4
2.5. Nutrición de litchi.....	4
2.5.1. Fertilización con base en edad del árbol.....	4
2.5.2. Fertilización con base en producción de fruto.....	5
2.6. Importancia del potasio.....	5
2.6.1. Potasio en el suelo.....	6
2.6.2. Potasio en tejido foliar.....	7
2.7. Fertilización potásica en el cultivo.....	8
2.8. Dinámica nutrimental en frutales.....	9
2.9. Variación nutrimental estacional en frutales.....	9
2.10. Práctica de Anillado.....	10
2.11. Calidad de fruto.....	11
2.11.1. Color.....	11
2.11.2. Sólidos solubles totales (° Brix).....	13
2.11.3. % de acidez titulable.....	13
2.11.4. Relación SST/Acidez.....	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
3.1. Localización del sitio experimental.....	14
3.2. Material vegetal.....	14

3.3.	Clima.....	14
3.4.	Diseño experimental.....	14
3.5.	Muestreo de suelo y foliar.....	15
3.5.1.	Muestreo de suelo.....	15
3.5.2.	Resultados de análisis de suelo.....	16
3.5.3.	Muestreo foliar y procesamiento.....	17
3.5.4.	Resultados de análisis foliar.....	18
3.6.	Estimación de dosis de fertilización.....	19
3.7.	Tratamientos.....	20
3.8.	Establecimiento de tratamientos en campo.....	21
3.9.	Riego.....	22
3.10.	Control de plagas y enfermedades.....	22
3.11.	Variables.....	22
3.11.1.	Concentración nutrimental foliar.....	22
3.11.2.	Rendimiento.....	22
3.11.3.	Calidad de fruto.....	23
IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
4.1.	Concentración nutrimental.....	24
4.1.1.	Nitrógeno.....	24
4.1.2.	Fósforo.....	26
4.1.3.	Potasio.....	28
4.1.4.	Calcio.....	29
4.1.5.	Magnesio.....	31
4.2.	Variación estacional nutrimental.....	32
4.2.1.	Nitrógeno.....	32
4.2.2.	Fósforo.....	33
4.2.3.	Potasio.....	34
4.2.4.	Calcio.....	35
4.2.5.	Magnesio.....	36
4.3.	Efecto de la fertilización potásica en rendimiento y calidad de fruto.....	37
4.3.1.	Rendimiento.....	37
4.3.2.	Calidad de fruto.....	40

a) Cáscara, semilla y pulpa.....	40
b) Diámetro ecuatorial y longitudinal.....	41
c) pH, sólidos solubles totales (°Brix) y % de acidez titulable.....	42
d) Color.....	43
e) Pérdida fisiológica de peso.....	44
V. CONCLUSIONES.....	46
VI. LITERATURA CITADA.....	47

RESUMEN

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN POTÁSICA Y EL ANILLADO EN EL CULTIVO DE LITCHI (*Litchi chinensis* Sonn.) cv. "Brewster"

Circe Aidin Aburto González

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de dosis de potasio y anillado en la concentración nutrimental foliar, rendimiento y calidad de fruto. Así como la dinámica del K en el mismo ciclo de producción. El trabajo experimental se realizó en la localidad Cerro del Tigre, municipio de Tepic, Nayarit. Los árboles de litchi cv. Brewster tenían 8 años de edad, cv. y se encuentran en las siguientes coordenadas 21° 36' 04" N y 104° 56' 47.5" O, a una altitud de 700 m. cuenta con sistema de riego con microaspersión. La distribución de los árboles es en marco real con distancia entre árboles 6.0 X 6.0 m, con una pendiente aproximada de 2.0 %. El diseño experimental fue en bloques al azar con siete tratamientos y cinco repeticiones, la unidad experimental se constituyó por un árbol, previo al experimento se realizó muestreo de suelo y foliar, con el objetivo de hacer la estimación de dosis de fertilización del cultivo. Esta dosis de fertilización fue anual, se generó a través del enfoque de balance nutrimental que propone Rodríguez (1993), se evaluaron tres dosis de potasio, en árboles con anillado y sin anillado, y testigo. T1= árboles sin anillado y sin fertilización (testigo), T2= 600-260-300 (NPK), sin anillado, T3 = 600-260-600 (NPK), sin anillado, T4=600-260-900 (NPK), sin anillado, T5=600-260-300 (NPK), con anillado; T6=600-260-600 (NPK), con anillado y T7=600-260-900 (NPK), con anillado. Las variables fueron las siguientes: concentración foliar mensual de macronutrientes, rendimiento, peso de fruto, color, ancho de fruto, sólidos solubles totales, % de acidez y pH. Se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en concentración de K, P, Ca y Mg, en rendimiento y en algunos parámetros de calidad de fruto. Se concluyó que la dosis de potasio de 900 g árbol⁻¹ con la práctica de anillado fue el mejor tratamiento ya que influyó de manera significativa en la producción de fruto, además de que el K influye significativamente en algunas variables de calidad de fruto como son: longitud de fruto, ancho de fruto, acidez y pH. Las condiciones ambientales del municipio de Tepic, Nayarit permitieron igualar los mejores rendimientos que se obtienen a nivel nacional (11.0 t ha⁻¹), ya que es posible obtener rendimientos de 12.2 (t ha⁻¹).

I. INTRODUCCIÓN

El litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) es un frutal, originario de China. El cultivo ha adquirido interés entre los productores agrícolas mexicanos debido a la demanda en Estados Unidos, Canadá y la Comunidad Europea, así como al creciente mercado nacional (Osuna *et al.*, 2008). México cuenta con 3,561 ha establecidas, en donde se producen 18,739 t con un rendimiento promedio de 5.51 t ha⁻¹; sin embargo, el rendimiento posee un intervalo amplio, el cual fluctúa de 1.82 a 11.45 t ha⁻¹ (SIAP, 2014). Las condiciones climáticas que prevalecen en algunas zonas del estado de Nayarit han permitido su establecimiento y explotación, el Sistema de Información Agropecuaria 2014 reporta una superficie de 167.34 ha, con una producción de 512.35 t. El incremento en superficie establecida en el estado, es lento, debido a problemas de bajo rendimiento ocasionado por múltiples factores, entre los que destacan: ausencia de floración, fenómeno de alternancia, caída de fruto, incidencia de plagas y presencia de enfermedades.

El rendimiento promedio (3.74 t ha⁻¹) que se reporta en Nayarit es bajo comparado con el rendimiento promedio del estado de Oaxaca (6.29 t ha⁻¹) y Puebla (11.45 t ha⁻¹) (SIAP, 2014). Los rendimientos bajos, en huertos en edad productiva (>5 años) se deben a la ausencia de floración, caída de fruto y al fenómeno de alternancia productiva, el cual es común en este frutal (Magalhães *et al.*, 2009). Es posible reducir el efecto adverso de estos factores de manera significativa con un manejo adecuado de nutrición, en este sentido el potasio es importante debido a que este mineral es uno de los macroelementos esenciales y tiene funciones fisiológicas importantes como, apertura y cierre de estomas, turgencia celular, transporte de carbohidratos y activación de múltiples enzimas, procesos que inciden en rendimiento y calidad del fruto (Yi y Wei-Hua, 2013). Los estudios relacionados con fertilización potásica en el cultivo no son abundantes y los pocos existentes se han generado en otros países, en general las investigaciones concluyen que el potasio tiene efectos importantes en incremento de producción de fruto; sin embargo, en cuanto a los momentos y dosis de aplicación la información es limitada. El problema de ausencia de floración se ha mitigado con la práctica de anillado, por lo tanto, se recomienda aplicar en los huertos que presentan este problema.

La demanda internacional que posee este frutal aunado a los precios que alcanza el producto ($\$30 \text{ kg}^{-1}$), ha estimulado a productores mexicanos para su adopción como cultivo alternativo; sin embargo, la información técnica y científica con que cuentan los productores mexicanos es escasa y hasta el momento no se ha desarrollado suficiente investigación que permita resolver la problemática del cultivo. Por lo anterior en la presente investigación se plantean los siguientes objetivos e hipótesis.

Objetivo general

Estudiar la nutrición potásica edáfica y la práctica de anillado en el cultivo de litchi (*Litchi chinensis* Sonn) cv Brewster.

Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto de dosis de potasio y anillado en la concentración foliar de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio
2. Conocer la dinámica de potasio en tejido foliar durante un ciclo de producción.
3. Evaluar el efecto de la fertilización con potasio y anillado en el rendimiento y calidad de fruto.

Hipótesis

La aplicación de potasio via suelo 50 % mayor a la dosis de referencia y el manejo de anillado incrementará la concentración de este elemento en tejido foliar en el mismo ciclo de producción, así mismo incidirá positivamente en el rendimiento y calidad de fruto.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1. Generalidades del cultivo.

El litchi (*Litchi chinensis* Sonn), es originario del sur de China y posiblemente del norte de Vietnam, pertenece a la familia Sapindaceae e integrada con al menos 125 géneros y 1000 especies; el centro de origen se cree que se ubica entre los 23° y 27° LN, en la parte subtropical del sur de China, norte de Vietnam y Malasia (Mitra, 2002). El fruto es una drupa no climatérica, de consistencia carnosa, 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). Se consume en estado fresco, congelado, enlatado o deshidratado (ASERCA, 1996). La planta se multiplica de forma sexual y asexual. La vía asexual es la más común a través de acodos aéreos debido a que por la vía sexual los árboles tardan hasta 10 años o más para entrar en producción (Mitra y Ray, 2005).

2.2. Situación mundial.

Aunque el litchi se conoce desde hace milenios en China y sus países vecinos, su historia comercial es reciente y todavía falta mucho para difundirlo a nivel mundial. Su mercado internacional es muy dinámico y se caracteriza por altas tasas de crecimiento, incluso en los propios países de origen no se satisface la demanda de fruto, lo que se refleja en los altos precios que tienen que pagar los consumidores. En Tailandia los compradores están dispuestos a pagar por fruto de buena calidad hasta cuatro dólares por Kg en épocas de cosecha (Aserca, 1996).

La producción mundial de litchi es de 2, 285, 800 t, con rendimiento medio de 3.1 t ha⁻¹ (GDH, 2013; Menzel y Waite, 2005). De este volumen China, es quien produce el 63 %, aunque gran parte de su producción no entra en el comercio mundial; la India es el segundo país productor aportando 19 %, su mercado es principalmente local. Taiwán y Tailandia son productores importantes con 3 y 2

% respectivamente, con importancia en exportación hacia Australia, mientras que China, Taiwán y México exportan a Estados Unidos (GHD, 2013). México ocupa el séptimo lugar con una producción de 18,739 t, equivalente a 0.79 % de la producción mundial (SIAP, 2014).

2.3. Importancia en México.

Actualmente este frutal ocupa una superficie de 3,561 ha con un volumen de producción de 18,739 t con rendimiento promedio de 5.51 t ha⁻¹; dicha superficie está distribuida en varios estados entre los que destacan Veracruz con una superficie de 1,664.00 ha, producción de 9,995 t con rendimiento de 6.19 t ha⁻¹; San Luis Potosí con 636.85 ha, una producción de 1,129 t y rendimiento de 1.82 t ha⁻¹, Oaxaca con 458.1 has con producción de 2,548 t y rendimiento de 6.29 t ha⁻¹, Puebla con 301 ha y producción de 3,455 t, este estado registra el rendimiento más alto a nivel nacional con 11.45 t ha⁻¹, Nayarit a nivel nacional ocupa el sexto lugar con superficie establecida de 167.34 ha, una producción de 512 t y rendimiento de 3.74 t ha⁻¹ (SIAP, 2014).

2.4. Importancia en Nayarit.

La producción de litchi en el estado se distribuye en 9 municipios, en los que sobresalen San Blas con una producción de 219 t, Tepic 152.60 t y Compostela 61.75 t (SIAP, 2014). La producción que se tiene es baja en comparación con otros Estados, pero poco a poco se está posicionando, en el mercado local; aun cuando los precios no son muy elevados, han alcanzado los \$ 30.00 Kg⁻¹ (Aburto *et al.*, 2013).

2.5. Nutrición de litchi.

La información existente relacionada con la fertilización en el cultivo se orienta hacia dos enfoques, el primero es considerando la edad del árbol y el segundo considera una meta de producción de 100 kg de fruto por árbol.

2.5.1. Fertilización con base a la edad del árbol.

Las dosis de fertilización recomendadas son variables, por ejemplo, en China se recomienda 0.6 kg de urea, 1.2 kg de superfosfato y 0.6 kg de cloruro de potasio en árboles de 5 años (Mitra, 2002); mientras que en Australia Menzel (2002), recomienda las siguientes cantidades de fertilizantes, urea de 0.4 kg hasta 2.2 kg; superfosfato de 0.8 a 3.0 kg y sulfato de potasio de 0.7 a 3.4 kg, por árbol anualmente y Galán (1987) establece que árboles de 5 años de edad deben recibir 150 g de urea, 300 g de superfosfato simple y 150 a 200 g de sulfato de potasio. Mitra (2002) estableció que para árboles de 10 a 11 años con diámetros de copa de 4.0 a 4.5 m y 12 a 16 m de altura, aplicaciones de 500 g N, 170 g de P_2O_5 y 700 g de K_2O , por árbol.

2.5.2. Fertilización con base a la producción de fruto.

Este enfoque está dirigido hacia árboles mayores de 10 años de edad, con una producción esperada de fruto de 100 kg por árbol. También existe discrepancia en las dosis de fertilización, por ejemplo en China se recomienda la dosis anual por árbol de N (434-730 g), P (209-409 g) y K (100-200 g) (Chapman, 1984). En Australia, la dosis en gramos de NPK es de 600, 200 y 600 (Menzel, 1984a). Mientras que en Sudáfrica la recomendación de NPK en g anuales por árbol es de 500, 400 y 200, respectivamente (Koen y Smart, 1983).

Los dos enfoques ofrecen solo una información guía para el productor, en cuanto a la cantidad de fertilizante requerido por el cultivo, por lo tanto, se requiere un mayor conocimiento para poder establecer una nutrición balanceada fundada en la oferta del suelo, demanda del cultivo y eficiencia de recuperación de fertilizante, como componentes de la fórmula de obtención de dosis de fertilización planteada por Rodríguez (1993).

2.6. Importancia del potasio.

Dentro del rubro de nutrición vegetal, 17 elementos se consideran como esenciales, entre los que se encuentra el potasio (K). El K corresponde a los macronutrientes, por lo que, se requiere en grandes cantidades para el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Algunas de sus funciones principales son: osmoregulación, síntesis de almidones, activación de enzimas, síntesis de proteínas y movimiento estomático (Marschner, 2012). Su deficiencia se manifiesta en una disminución de absorción de CO_2 , lo que reduce el proceso de fotosíntesis, al inducir una resistencia al intercambio gaseoso por parte del mesófilo (Terry y Ulrich, 1973), esto limita el desarrollo de la fruta y por lo tanto el rendimiento (Menzel *et al.*, 1992).

2.6.1. Potasio en el suelo.

El potasio se halla en la mayoría de los suelos en cantidades relativamente altas. Su contenido como K_2O varía de 0.5 % (que equivale a 5 000 mg de K_2O por Kg de suelo) a 3 % (que equivale a 30 000 mg Kg^{-1}), dependiendo de la textura. Sin embargo, el 92 % al 98 % no está disponible para la planta. La fracción arcillosa es la que presenta un mayor contenido de este nutriente, por lo que los suelos arcillosos y limoso-arcillosos son más ricos que los limo-arenoso y arenosos (Navarro y Navarro, 2000).

Los reservorios de este nutriente en el suelo, se clasifican en cuatro categorías: estructural (potasio de reserva), fijado, intercambiable y en solución del suelo. El K intercambiable, es la forma de fácil acceso para el sistema radicular, ya que las plantas lo pueden absorber fácilmente, esta fracción de K está adsorbida en la superficie de las partículas de arcilla y materia orgánica, se encuentra en equilibrio con la solución del suelo y se desplaza rápidamente cuando las plantas absorben el que está presente en la solución. El K en solución del suelo está disuelto y es inmediatamente disponible para las plantas. Sin embargo, las cantidades presentes son muy pequeñas, cuando la planta extrae el que está en la solución del suelo, su concentración se repone inmediatamente por el K intercambiable (Aguado *et al.*, 2002).

Aproximadamente, el 90 % del K que la planta absorbe, accede a la raíz por difusión. La reposición de este elemento a la solución del suelo es a partir del K intercambiable, retenido electrostáticamente por las cargas negativas que presentan la superficie y los bordes de las láminas de arcilla (Haby *et al.*, 1990). La deficiencia de potasio es común en suelos ácidos, suelos arenosos con alta precipitación y en suelos donde se fija el potasio de forma no intercambiable. Se debe conocer que los niveles de potasio soluble del suelo son solamente indicadores de disponibilidad momentánea. Para la exitosa producción de cultivos es más importante que se mantenga la concentración de potasio en la solución del suelo a un nivel satisfactorio a través del ciclo de cultivo (Ramírez, 1991).

2.6.2. Potasio en tejido foliar.

El primer síntoma de deficiencia de potasio en las hojas de litchi es la pérdida de color, posteriormente se desarrollan áreas necróticas en los ápices y progresan de forma gradual hacia la base de la hoja, las hojas maduras caen prematuramente, los árboles florecen pero no hay amarre de fruto (Menzel y Simpson, 1987a).

En este cultivo los estándares de concentración foliar de K varía dependiendo del lugar en donde se generó la información, por ejemplo, en África el valor es de 1.0 %, en Australia es de 0.8 a 1.2 %, mientras que para la India va de 0.69 a 1.28 % (Menzel y Simpson, 1987a; Menzel *et al.*, 1992). Es importante señalar que existe además una variación estacional en la concentración nutrimental foliar, al respecto, Sanyal y Mitra (1990) encontraron que la concentración de macronutrientes en tejido foliar de litchi cv Bombai disminuye en la etapa de emergencia de panícula e incrementa gradualmente después de cosecha, también indican que tanto la posición de la hoja como la posición de la rama, afectan la concentración nutrimental, por lo que recomiendan que para muestreo con fines de diagnóstico nutrimental se tiene que muestrear en ramas de la parte media del árbol, en los cuatro puntos cardinales, los dos primeros pares de hoja del brote; la época de muestreo recomiendan que sea en agosto o septiembre;

mientras que Menzel *et al.* (1992) proponen para cultivares 'Tai So', 'Haak Yip' y 'Wai Chee', que el muestreo foliar se haga en la hoja recién madura bajo el flujo vegetativo o racimo floral y que el momento de muestreo tiene que ser, durante la maduración del flujo vegetativo que aparezca a principios de otoño, hasta emergencia de panícula, esto debido a que durante tres años de estudio la concentración de la mayoría de los nutrientes se mantuvo estable, en esa etapa.

2.7. Fertilización potásica en el cultivo.

El requerimiento de potasio por este cultivo es mayor que lo que requiere de nitrógeno y fósforo, uno de los efectos que se han observado cuando se aplica K en otoño, es reducción de crecimiento vegetativo e incremento de floración (Pathak y Mitra, 2010). Las dosis de K que se recomiendan son muy variables, y están recomendados desde dos enfoques. A) El primero es por edad del árbol desde el primer año de plantación hasta el cuarto año, donde las dosis de K varían dependiendo del país, por ejemplo, para Florida E.U., las dosis van de 15, 20, 40 y 80 g de K por árbol anualmente, en árboles de 1, 2, 3 y 4 años de edad, respectivamente. Mientras que para Australia en árboles de esas mismas edades las dosis son de 100, 150, 220 y 300 g de K por árbol al año. B) El segundo enfoque hace referencia en una producción esperada de 100 kg de fruto por árbol, también la dosis es variable entre países, quien más baja dosis aplica es China con 180 g de K por árbol al año y el país que más aplica es Australia con 730 g (Menzel y Simpson, 1978a). En condiciones experimentales se ha evaluado dosis de hasta 1.25 kg de K por planta por año y se ha concluido que el fraccionamiento de la dosis y los momentos de aplicación tienen efecto directo en rendimiento y calidad de fruto, existiendo una correlación positiva entre el contenido foliar y el rendimiento, así mismo con actividad fotosintética, conductancia estomática y uso eficiente de agua (Pathak y Mitra, 2010). La aplicación de riego junto con el fertilizante también tiene efecto significativo, reduciendo la caída de frutos (Reza *et al.*, 2007).

Para el caso de México, Maldonado *et al.* (2012) evaluaron dosis de K desde 145 hasta 726 g por árbol al año, concluyeron que el efecto de la fertilización se observa dos años después, cabe mencionar que el estudio se realizó en condiciones de agricultura de temporal y que la aplicación tardía del fertilizante (noviembre) pudo afectar su efectividad en el mismo ciclo de producción y también en el segundo ciclo, ya que se tuvo una producción por árbol, en el mejor de los casos de 3.0 kg de fruto solamente.

Siendo este macro-nutriente tan importante por todas las funciones que se le confieren en el crecimiento y desarrollo de las plantas, es también importante el estudio de su dinámica y efecto en el sistema suelo-planta, para saber cuánto tarda el nutriente aplicado vía suelo en alcanzar el follaje y estar disponible para satisfacer la necesidad del cultivo en cuanto a desarrollo y calidad del fruto. Debido a que se ha observado que el efecto de la fertilización en esta especie no se refleja en el mismo ciclo de producción (Maldonado *et al.*, 2012).

2.8. Dinámica nutrimental en frutales.

Información referente a la velocidad con que se mueven los nutrientes una vez que son absorbidos por el sistema radicular en el caso de especies perennes y en específico para frutales, es nula, en algunos se han evaluado dosis elevadas de los nutrientes, con el objetivo de esperar un incremento en la concentración foliar, sin embargo, no se han observado resultados significativos, por mencionar algunos ejemplos, en naranja valencia en un periodo de tres años, aplicando una dosis anual equivalente a 3.0 kg de K_2O , utilizando diferentes fuentes, no hubo diferencia estadística en concentración de nitrógeno foliar (Opazo y Raseto, 2001). En litchi Pathak y Mitra (2010), y Pathak *et al.* (2012) no observaron incremento en potasio foliar al utilizar dosis desde 400 a 800 kg de K_2O por árbol, lo anterior parece indicar que el elemento no se desplaza hasta las hojas, en un mismo ciclo de producción, o la dosis es insuficiente para provocar un incremento en concentración del nutriente.

2.9. Variación nutrimental estacional en frutales.

Estudios realizados en frutales reportan que existe una variación en concentración nutrimental foliar, la cual depende de las etapas críticas de demanda, como floración y fructificación. En el cultivo de litchi, Menzel *et al.* (1992) mencionaron que los macronutrientes se encuentran en sus niveles más bajos cuando el árbol se encuentra en la etapa de amarre de frutos; mientras que en mango el fósforo se encuentra en su nivel más bajo en madurez de fruto, el nitrógeno en desarrollo de fruto y el potasio en la etapa de brotación vegetativa (Benitez-Pardo *et al.*, 2003). En este sentido, para la elaboración de programas de nutrición, es necesario conocer los momentos críticos de demanda nutrimental, las dosis y la velocidad con que surten efecto los nutrimentos.

2.10. Práctica de anillado.

Es una práctica cultural que se realiza en varias especies de frutales con el objetivo principal de incrementar la acumulación de carbohidratos en hojas de las ramas anilladas, por esta razón, esta práctica se recomienda realizar entre un 50 y 70 % de las ramas, extrayendo aproximadamente 0.8 cm de corteza, de forma circular. En árboles anillados se ha observado que se reduce la tasa de fotosíntesis, esto se atribuye a la rotura de membranas tilacoidales ocasionada por una acumulación de almidón en los cloroplastos (Schaffer *et al.*, 1986). En las especies donde se ha evaluado esta práctica es en aguacate, durazno, cítricos, litchi, kiwi y anonáceas. Así mismo, Espíndola *et al.* (2008) probaron la aplicación de nitrógeno y AG_3 mas anillado en aguacate, en tres ciclos de producción y reportaron que en años de baja producción aumentó el amarre inicial y final de fruto al doble en comparación con los árboles sin anillado. También se incrementó la acumulación de fructuosa en las hojas y panículas florales.

Mabelo *et al.* (1988) mencionaron que las fechas de aplicación del anillado varía el efecto en mandarina (*Citrus reticulata* Blanco) var Ponkan, cuando se realizó en septiembre incrementó significativamente el contenido de azúcares en las hojas y cuando se practicó en mayo (cuando está en antesis el árbol), incrementó

el número de frutos y mejoró color. Además mencionan que un anillado tardío en el mes de noviembre no tiene efecto en el tamaño de fruto, por lo tanto, recomiendan que las mejores fechas para realizar el anillado son los meses de mayo y septiembre (Mabelo *et al.*, 1998).

En frutales de clima templado también se ha evaluado el efecto del anillado, por ejemplo en macadamia (*Macadamia integrifolia*) con el objeto de evaluar el efecto en la abscisión y crecimiento de ramas; la práctica resultó efectiva para controlar el crecimiento de ramas y mitigó en un 28 % la abscisión de nueces (McFadyen *et al.*, 2013).

En litchi Young (1956), reportó el comportamiento del árbol al ser sometido a anillado e hizo énfasis en la efectividad de esta práctica para inducir floración e incrementar rendimiento, también indicó que la efectividad varía en función de la fecha de realización. Menzel y Simpson (1967b) mencionan que los árboles anillados tienen que estar con una fertilización adecuada y que la práctica puede incrementar la floración hasta 80 % en comparación con árboles no anillados.

2.11. Calidad de fruto.

La calidad de fruto, es una combinación de atributos o propiedades que le proporcionan valor como alimento humano, indica el grado de excelencia con respecto al contenido nutrimental, así como propiedades sensoriales tales como color, sabor, olor y textura (Reina y Bonilla, 1996). Actualmente los parámetros de calidad evaluados en las especies frutales son indicadores del estado de maduración, por ello se han perfeccionado las técnicas de espectrofotometría que actualmente son utilizadas (García *et al.*, 2011).

Los criterios de calidad para los frutos de litchi se dividen en externos e internos. Los externos incluyen principalmente el color de la cáscara (color rojo brillante), que es uno de los atributos más importantes en este fruto (Sivakumar y Korsten, 2006). Otras características externas de calidad del fruto que se prefiere son: tamaño, peso, forma, libre de daños mecánicos, pudriciones y agrietamientos

Los criterios internos incluyen el tamaño de la semilla, los sólidos solubles totales (SST), la acidez titulable (AT) y la relación SST/TA (Aguas-Atahua *et al.*, 2014).

2.11.1. Color.

La colorimetría es la ciencia que estudia la medida de los colores y que desarrolla métodos para la cuantificación del color, es decir la obtención de valores numéricos del color. Cada color tiene su propia apariencia basada en tres elementos: matiz, croma y luminosidad. Al describir un color usando estos tres atributos se identifica con precisión un color específico y se distingue de cualquier otro. El matiz es como se percibe el color de un objeto: rojo, anaranjado, verde, azul, etc. El croma describe la intensidad de un color, es decir qué tan cerca está el color al gris o al matiz puro. La intensidad luminica es su grado de claridad. Los colores pueden ser clasificados como tenues u oscuros al comparar sus valores. Para poder interpretar el color se creó la escala que se calcula con los valores $L^*a^*b^*$ o CIELAB por la CIE (1976). En donde, L^* define la claridad, a^* denota el valor rojo/verde y b^* el valor amarillo/azul.

Así mismo también se utiliza los conceptos de °Hue (matiz), Croma (cromaticidad, intensidad, saturación) y Luminosidad (brillantes):

- a) **El ángulo de matiz (° Hue)**, se define como un atributo de color que permite distinguir el rojo del azul, y se refiere al recorrido que hace un tono hacia uno u otro lado del círculo cromático.
- b) **Croma** representa la pureza o intensidad de un color particular, la viveza o palidez del mismo, y puede relacionarse con el ancho de banda de la luz que estamos visualizando.
- c) **Luminosidad** el brillo se puede definir como la cantidad de "oscuridad" que tiene un color, es decir, representa lo claro u oscuro que es un color respecto de su color patrón.

El índice de color se determina en los frutos para medir algunos aspectos esenciales en su consumo, enfocados en el deterioro de la textura, variación en el contenido de sólidos solubles y ácidos, así como oscurecimiento enzimático, (Soliva, 2002).

Los parámetros: sólidos solubles totales (° Brix) y % de acidez titulable los describe Kader (1992) de la siguiente manera:

2.11.2. Sólidos solubles totales (° Brix).

Los grados Brix (°Brix) sirven para determinar el cociente total de sacarosa o sal disuelta en un líquido; es una medida de la concentración de azúcar en una disolución. Frecuentemente se consideran los °Brix como equivalentes de los SST porque el mayor contenido de sólidos solubles en el jugo de las frutas son azúcares.

2.11.3. % de acidez titulable.

La mayoría de las frutas son particularmente ricas en ácidos orgánicos que están usualmente disueltos en la vacuola de la célula, ya sea en forma libre o combinada como sales, ésteres y glucósidos. La acidez libre (acidez titulable) representa a los ácidos orgánicos que se encuentran libres y se mide neutralizando los jugos o extractos de frutas con una base fuerte, el pH aumenta durante la neutralización y la acidez titulable se calcula a partir de la cantidad de base necesaria para alcanzar el pH del punto final de la prueba; en la práctica se toma como punto final $\text{pH} = 8.5$ usando fenolftaleína como indicador. Bajo estas condiciones, los ácidos orgánicos libres y sólo una parte del ácido fosfórico y fenoles están involucrados en el resultado final. Para reportar la acidez, se considera el ácido orgánico más abundante del producto vegetal, el cual varía dependiendo de la especie de que se trate, por lo que el resultado se expresa en términos de la cantidad del ácido dominante.

2.11.4. Relación SST/Acidez.

Desde el punto de vista práctico, los azúcares y la acidez son componentes muy prácticos en postcosecha y la relación que guardan constituye un índice, incluso legal, del estado de madurez para la cosecha de cítricos y uvas. Cabe mencionar que este tipo de indicadores son índices sencillos, precisos y confiables que permiten determinar el estado de madurez adecuado para la cosecha, pueden emplearse como referencia del estado de madurez postcosecha y también como información objetiva relacionada con la calidad.

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Localización del sitio experimental.

La parcela experimental se localiza en el ejido denominado "Cerro del Tigre" es un huerto con árboles de 8 años edad, el cual se ubica en las siguientes coordenadas $21^{\circ} 36' 04''$ N y $104^{\circ} 56' 47.5''$ O, a una altitud de 700 m; cuenta con sistema de riego con microaspersión.

3.2. Material vegetal.

Son árboles de litchi del cv "Brewster". La distribución de los árboles es en marco real con distancia entre árboles 6.0×6.0 m, lo que equivale a 277 árboles por ha, pendiente aproximada de 2.0 %, poseen una altura promedio de 4.5 m.

3.3. Clima.

El clima según Köppen, modificado por García corresponde a un (A) e (W2) a (i), es decir un clima semicálido (subtropical subhúmedo), el más cálido de los templados (c). El régimen pluviométrico es mayor a los 1300 mm anuales. El mes de máxima precipitación es julio con 370 a 380 mm y el de menor incidencia es mayo con menos de 30 mm. El régimen térmico medio anual varía de 20 a 29 °C; los meses más cálidos son junio, julio, agosto y septiembre con una

temperatura media de 23 a 24 °C; los más fríos son diciembre y enero con un valor promedio de 16 a 17 °C.

Selección de árboles. El 15 de julio 2013, se seleccionaron 35 árboles, con una altura promedio de 4.5 m y dosel de copa de 3.5 m, los árboles quedaron distribuidos en 7 hileras.

3.4. Muestreo de suelo y foliar.

En la misma fecha de selección de los árboles, se realizó la obtención de muestra de suelo y foliar, para su análisis físico y químico, con el objetivo de realizar la estimación de la dosis de fertilización del cultivo y posteriormente, cada mes hasta el mes de julio del 2014 (un mes después de cosecha), se muestrearon hojas para cuantificar la concentración de K.

3.4.1. Muestreo de suelo.

Las muestras se colectaron a 0.5 m de distancia del tronco de los árboles, a una profundidad de 40 cm, considerando los cuatro puntos cardinales, mediante la utilización de barrenas de muestreo. En cada una de las hileras de los árboles se extrajeron sub-muestras de cada árbol y se mezclaron por hilera para generar siete muestras compuestas.

Una vez colectadas se llevaron al laboratorio de análisis de suelo, tejido vegetal y agua de la Unidad Académica de Agricultura. Se secó el suelo bajo sombra, posteriormente se tamizó y se procedió a realizar los análisis físicos y químicos de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana de suelos PROY-NOM-021-RECNAT-2000 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Metodologías para análisis de suelo. PROY-NOM-021-RECNAT-2000.

Determinación	Método
	Convencional (relación 1:2)
pH	Suelo-agua
Textura	Bouyoucos
Ca, Mg,	Absorción atómica
K	Fiamometría
P	Espectrofotometría
Materia orgánica	Walkley y Black

3.4.2. Características del suelo del huerto de litchi. Cerro del Tigre, Tepic Nayarit.

A continuación se presentan las características de suelo del huerto (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características del suelo del huerto.

	Hilera 1	Hilera 2	Hilera 3	Hilera 4	Hilera 5	Hilera 6	Hilera 7	Interpretación	Media
								Arcillosa	
Materia orgánica (%)	3.1	3.7	3.8	4.7	3.1	3.7	3.7	Alto	3.7
Densidad aparente (g/cm ³)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	---	1.2
Capacidad de intercambio catiónico (meq/100g)	22	19.3	22.3	19.53	24.04	20	23.5	Alto	22
Capacidad de intercambio catiónico (meq/100g)	310	320	300	300	320	310	300	Alta	305
Capacidad de intercambio catiónico (meq/100g)	2071	1800	2100	2100	1925	2200	2300	Media	2071
Capacidad de intercambio catiónico (meq/100g)	343	420	320	300	325	350	340	Media	343
pH	6.6	6.7	6.63	6.6	6.5	6.5	6.4	Moderadamente ácido	6.6
Conductividad eléctrica (dS/m)	0.14	0.1	0.12	0.2	0.15	0.13	0.14	Sin problemas de salinidad	0.14

3.4.3. Muestreo foliar y procesamiento.

La sección de muestreo fueron los dos pares de folíolos completos, de la cuarta hoja en cada punto cardinal, en cada repetición de los tratamientos (FHIA, 2012; Menzel y Simpson, 1987a). Las muestras se depositaron en bolsas de papel estraza y se trasladaron al laboratorio, enseguida se lavaron cuidadosamente, primero con agua corriente y luego con agua destilada, para luego someterlas a secado en una estufa con aire forzado, a una temperatura de 60 °C, durante 48 horas; hasta obtener un peso constante, las muestras se molieron en un molino de acero inoxidable; posteriormente, se procedió a la digestión húmeda como indican Alcántar y Sandoval (1999), para N mezcla de ácido sulfúrico con ácido salicílico, para los elementos Ca, Mg, P y K la mezcla fue con ácido nítrico y ácido perclórico.

3.4.4. Concentración nutrimental.

La concentración nutrimental foliar por hilera, al momento de selección de árboles se muestra en el cuadro 3.

Cuadro 3. Concentración nutrimental foliar en las 7 hileras de litchi, huerto Cerro del Tigre, Tepic Nayarit en el mes de julio, 2013.

HILERA	%				
	N	P	K	Ca	Mg
1	1.48	0.15	0.89	1.87	0.24
2	1.48	0.13	0.85	1.77	0.28
3	1.38	0.13	0.86	2.00	0.28
4	1.56	0.16	0.95	1.85	0.25
5	1.45	0.12	0.81	2.19	0.27
6	1.30	0.15	0.85	1.80	0.26
7	1.37	0.12	0.81	1.90	0.25
MEDIA	1.43	0.14	0.86	1.91	0.26

Comparación de los resultados de análisis de tejido foliar de huerto Cerro del Tigre del mes de julio y la concentración promedio con las concentraciones

óptimas que reportan Menzel y Simpson (1987a). En el Cuadro 4, se observa que la mayoría de los nutrientes están dentro de los estándares óptimos, con excepción del potasio que se encuentran en un nivel inferior.

Cuadro 4. Comparación de la concentración nutricional foliar del huerto Cerro del Tigre en Tepic, Nayarit julio 2013. Con los estándares de Menzel y Simpson 1987a

Nutriente	Concentración Promedio (Cerro del Tigre)	Concentraciones Óptimas (Menzel y Simpson, 1987a)
N %	1.43	1.4
P %	0.14	0.17
K %	0.86	1.20
Ca %	1.91	0.50
Mg %	0.26	0.26
Cu (mg Kg ⁻¹)	10	5 a 35
Fe (mg Kg ⁻¹)	150	50 a 200
Mn (mg Kg ⁻¹)	50	30 a 500
Zn (mg Kg ⁻¹)	80	30 a 150

3.5. Estimación de dosis de Fertilización.

Con los resultados de análisis de suelo, se generó una dosis de fertilización anual, a través del enfoque de balance nutricional que propone Rodríguez (1993), el cual considera tres parámetros: demanda (Dem), suministro (Sum) y eficiencia de recuperación de fertilizante (ERF), mediante la siguiente fórmula.

$$\text{Dosis de nutriente} = (\text{Dem} - \text{Sum}) / \text{ERF}$$

Estimación de dosis de nitrógeno. La estimación de la demanda se realizó fijando una meta de producción de fruto de 50 kg árbol⁻¹. La extracción de nitrógeno por tonelada de fruto fresco, según Galán (1987) es de 2.2 kg. Se consideró además una producción de materia seca por hojas de 23.5 kg anual, esta cantidad se obtuvo a partir de evaluaciones previas de producción de hoja por el cultivo, con una concentración de N de 1.2 %. El suministro de N se estimó

a partir del contenido de materia orgánica del suelo, con una tasa de mineralización anual de 2.0 %, contenido de 5.0 % de N en materia orgánica y un volumen de exploración de 0.7 m³ de suelo, el cual resulta al considerar un radio de exploración radicular de 0.75 m y una profundidad de 0.40 m. La cantidad de suelo (Kg) se calculó multiplicando la densidad aparente (1.2 g cm⁻³) por el volumen (0.7 m³), resultando en 0.84 t de suelo explorado por árbol. El contenido de materia orgánica fue 3.7 %, por lo tanto, el aporte de nitrógeno anual fue de 31.0 g árbol⁻¹, mientras que la demanda por producción de fruto es de 110 g y por producción de hoja es de 282 g, por árbol, estos dos últimos valores representan la demanda de N. La eficiencia de recuperación de fertilizante nitrogenado (ERFN) considerada fue de 60 %. Por lo tanto la dosis de N anual fue de 600 g árbol⁻¹.

Estimación de dosis de fósforo La demanda se estimó considerando la extracción nutrimental por fruto que menciona Galán (1987), que es de 2.2 kg de P₂O₅ por tonelada de fruto, por lo tanto para una producción de 50 kg de fruto la demanda es de 48.4 g de P, al igual que para el caso de N, a este valor se sumó la extracción nutrimental por materia seca de hoja, partiendo de una concentración de fósforo de 0.18 % en hoja, se obtuvo como resultado 42.3 g de P, considerando los dos valores se obtuvo una demanda de 90.7 g de P (árbol anual⁻¹). El suministro se calculó considerando el volumen de suelo explorado por el cultivo, la concentración de P en el suelo, reportado en el análisis de suelo (22 mg Kg⁻¹), el aporte de P fue 18.66 g por planta. El valor de eficiencia de recuperación de fertilizante fosfatado que se utilizó fue de 30 %. Finalmente la dosis anual estimada de P fue de 240 g árbol⁻¹.

Dosis de potasio. Al igual que en los dos nutrimentos anteriores se utilizó el dato de extracción nutrimental por fruto reportado por Galán (1987), quien indica que es de 5.5 kg de K por tonelada de fruto, lo que resulta entonces en una demanda de 275 g de K por los 50 kg de fruto esperado por árbol, se sumó a este valor la cantidad de K extraído por hoja, considerando una concentración de K en materia seca de hoja de 1.2 %, la cual resultó en una dosis de 282 g, por lo que la demanda, una vez sumada quedó en 557 g árbol⁻¹. El suministro se calculó tomando el valor de potasio intercambiable que reportó el análisis de

suelo (300 mg Kg^{-1}) y volumen de suelo explorado (0.7 m^3), por lo tanto el suministro de K se estimó en 254 g árbol^{-1} . El valor de Eficiencia de Recuperación de Fertilizante Potásico que se consideró fue de 50 %. Finalmente la dosis anual de K fue de 600 g árbol^{-1} .

3.6. Tratamientos.

La dosis de NPK estimada se denominó dosis de referencia (DR) y fue la siguiente (g planta^{-1}): 600-240-600 (N-P-K). Además se incluyeron tratamientos de anillado como se detalla en el cuadro 5.

Cuadro 5. Tratamientos evaluados en el cultivo de litchi.

TRAT		Descripción de tratamientos	g planta ⁻¹ anual		
			N	P	K
1		Sin fertilización	0	0	0
2	Sin anillado	Dosis baja de potasio	600	240	300
3		Dosis media de potasio	600	240	600
4		Dosis alta de potasio	600	240	900
5	Con anillado	Dosis baja de potasio	600	240	300
6		Dosis media de potasio	600	240	600
7		Dosis alta de potasio	600	240	900

Debido a que la práctica de anillado incrementa la producción de flor y fruto, y considerando los niveles de nutrientes que reportó el análisis de suelo, los cuales para la meta de producción esperada no abastecen el requerimiento, se optó por eliminar el tratamiento de anillado sin fertilización.

3.7. Establecimiento de tratamientos en campo.

El 15 de agosto del 2013, se realizó la designación de tratamientos en campo, en esta misma fecha se realizó la práctica de anillado en los tratamientos correspondientes, eliminando un anillo de aproximadamente 0.8 cm de ancho, en el 70 % de ramas de cada árbol; en ese momento la fertilización se realizó

aplicando solo el 30 % de potasio, el 70 % restante se aplicó vía riego, una vez que se identificó la brotación reproductiva. Los tratamientos se muestran en la figura 1.



Figura 1 Distribución de tratamientos en el huerto Cerro del Tigre del municipio de Tepic, Nayarit.

3.8. Riego.

Esta práctica se comenzó el 15 de enero 2014, cuando se observó emisión de brotes reproductivos en 50 % de los árboles. Los árboles se regaron dos veces por semana aplicando 100 litros de agua por árbol y se suspendió el riego 20 días antes de cosecha.

3.9. Control de plagas y enfermedades.

Para el control de estos factores bióticos durante la evaluación se realizó, en el caso de plagas una aplicación de diazinon a razón 1.0 mL L^{-1} para contrarrestar la presencia de periquito (*Membracis spp*) al observar la incidencia en el huerto, para el control de enfermedades se hicieron dos aplicaciones de fungicida de manera preventiva en la etapa de floración, en intervalos de 15 días; el producto utilizado fue Benlate a razón de 3.0 g litro^{-1} . Además se realizaron prácticas culturales como la eliminación de maleza y ramas secas en los árboles.

3.10. Diseño experimental.

El diseño experimental fue bloques al azar con siete tratamientos y cinco repeticiones, la unidad experimental estuvo constituida por un árbol, se evaluaron tres dosis de potasio, con anillado y sin anillado, y un testigo.

3.11. Variables.

3.11.1. Concentración nutrimental foliar.

El muestreo se realizó mensualmente y se evaluó la concentración de potasio (K), nitrógeno (N), fósforo (P), calcio (Ca) y magnesio (Mg), en los meses de septiembre y diciembre del año 2013, enero a junio del año 2014.

3.11.2. Rendimiento ($t\ ha^{-1}$).

La cosecha se realizó al momento que los frutos alcanzaron una coloración rojiza. Los frutos cosechados se clasificaron en óptimos y dañados por aves. Los dañados por aves se contabilizaron y se multiplicó por el peso promedio de 10 frutos sanos; el peso de fruto dañado se sumó al peso de frutos no dañados, con el fin de obtener el dato correcto de producción por árbol. Para estimar el rendimiento por hectárea se consideró una densidad de población de 277 árboles.

3.11.3. Calidad de fruto.

a) Tamaño y Peso.

Se seleccionaron 25 frutos al azar de cada tratamiento y con un vernier digital, marca Truper se midieron las variables de longitud de fruto y ancho de fruto. Para la variable peso de fruto se utilizó una báscula digital marca Torrey.

b) Color.

Al azar se seleccionaron 25 frutos de cada tratamiento, se determinó color con un colorímetro digital (BakingMeter BC-10) Konita Minolta, en el cual se empleó el sistema CIELab, para determinar las coordenadas cromáticas L, a y b, y se transformaron en el ángulo de matiz ($^{\circ}$ Hue) y la cromaticidad (C).

Las ecuaciones aplicadas fueron: $^{\circ}$ Hue = $\tan^{-1}(b/a)$ y $C = (a^2 + b^2)^{1/2}$ (McGuire, 1992).

c) Sólidos Solubles Totales.

Los sólidos solubles totales (SST) se analizaron en 25 frutos seleccionados al azar de cada tratamiento, utilizando un refractómetro digital marca ATAGO. Los resultados emitidos por el refractómetro se reportaron como $^{\circ}$ Brix.

d) % de Pérdida Fisiológica de Peso.

En cada tratamiento se seleccionaron 25 frutos, se pesaron cada uno de los frutos diariamente, durante once días, en una balanza digital marca Torrey. Los resultados se reportaron en porcentajes. La fórmula utilizada para calcular la pérdida fisiológica de peso fue: Pérdida en (%) = $\frac{(\text{Peso inicial} - \text{Peso final})}{\text{Peso inicial}} \cdot 100$

e) pH.

Se evaluó en 25 frutos tomados al azar de cada tratamiento, utilizando un potenciómetro digital marca CORNIG 720 previamente calibrado con amortiguador de pH 4.0 y 7.0. La determinación se realizó utilizando la muestra filtrada.

f) % de acidez titulable.

La acidez titulable se evaluó tomando 25 frutos al azar de cada tratamiento, empleando el método de la AOAC (2005) mediante la titulación volumétrica de hidróxido de sodio (NaOH 0.1 N) y fenolftaleína al 1 %, como indicador. Se tomaron 10 mL de jugo y se le agregaron tres gotas de fenolftaleína

posteriormente se procedió a titular con NaOH al 0.1 N en agitación continua, el punto final de la titulación fue cuando la solución tomó un color rosa. Los resultados se expresaron en porcentaje de ácido málico (por ser el ácido orgánico con mayor presencia en el estado de madurez del fruto). La acidez titulable se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de acidez titulable} = \frac{(V_{\text{NaOH}}) (N_{\text{NaOH}}) (\text{meq}) (V \text{ total}) * 100}{(\text{g m}) (V \text{ alícuota})}$$

Dónde:

- V_{NaOH} : Volumen de hidróxido gastado al titular (mL).
- N_{NaOH} : Normalidad de NaOH (meq/L).
- Meq: Millequivalente de ácido málico (0.067).
- $V \text{ total}$: Volumen total del filtrado (mL).
- g m : Gramos de muestra (g).
- $V \text{ alícuota}$: Volumen que se utilizó para titular (cm³).

3.12. Análisis de resultados.

Se realizó prueba de análisis de varianza con el paquete estadístico SAS (ver, 2009) para cada una de las variables y comparación de medias Tukey ($P < 0.05$). En algunos casos se realizó análisis de correlación.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Concentración nutrimental.

4.1.1. Nitrógeno.

En el cuadro 6 se presentan los valores de concentración de nitrógeno foliar y el efecto de tratamientos (Dosis de K y práctica de anillado), sobre esta variable. Los resultados muestran que entre tratamientos no existió presencia estadística ni interacción significativa entre factores, en ninguno de los ocho meses muestreados. El litchi es un cultivo que constantemente está en crecimiento, sobre todo vegetativo, esto posiblemente no le permita acumular el elemento en tejido foliar, ya que constantemente se está traslocando hacia los puntos de crecimiento. En este sentido, solo un exceso de fertilización nitrogenada podría ocasionar un incremento significativo en la concentración foliar. Pathak *et al.* (2012), tampoco observaron diferencias estadísticas en concentración de N en hojas, al evaluar dosis de 400 a 800 g de K_2O anual, en árboles de litchi cv Bombai, aplicado de manera fraccionada. En otro estudio realizado en naranja valencia en un periodo de tres años, aplicando una dosis anual equivalente a 3.0 kg de K_2O , con diferentes fuentes de potasio, no hubo presencia estadística en concentración de nitrógeno foliar (Opazo y Raseto, 2001).

Cuadro 6. Concentración foliar de nitrógeno en litchi cv Brewster de ocho años, con aplicaciones de dosis de potasio. Cerro del Tigre, Tepic Nayarit.

Trat	Septiembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
	Etapas vegetativa →		Floración ←			Fructificación →		
1	1.56	1.50	1.60	1.48	1.52	1.42	1.46	1.40
2	1.46	1.42	1.60	1.44	1.38	1.50	1.42	1.62
3	1.40	1.42	1.56	1.50	1.48	1.56	1.54	1.48
4	1.46	1.34	1.38	1.48	1.46	1.44	1.54	1.46
5	1.38	1.48	1.50	1.42	1.36	1.54	1.4	1.42
6	1.48	1.48	1.34	1.42	1.36	1.44	1.50	1.46
7	1.50	1.50	1.40	1.54	1.36	1.44	1.42	1.50
P>F	0.29 ^{NS}	0.55 ^{NS}	0.32 ^{NS}	0.67 ^{NS}	0.17 ^{NS}	0.63 ^{NS}	0.81 ^{NS}	0.48 ^{NS}
DMS	0.23	0.28	0.29	0.24	0.23	0.29	0.38	0.33

... Continuación

Dosis de K
(g árbol⁻¹)
(A)

0	1.56	1.50	1.60 a	1.48	1.52	1.42	1.48	1.40
300	1.42	1.45	1.55 ab	1.43	1.37	1.52	1.41	1.52
600	1.44	1.45	1.45 ab	1.46	1.42	1.50	1.52	1.47
900	1.48	1.42	1.39 b	1.51	1.41	1.44	1.48	1.48
P>F	0.20 ^{NS}	0.51 ^{NS}	0.03*	0.53 ^{NS}	0.45 ^{NS}	0.45 ^{NS}	0.60 ^{NS}	0.49 ^{NS}
DMS	0.25	0.15	0.20	0.18	0.16	0.20	0.25	0.22
Manejo (B)								
Sin anillado	1.47	1.42	1.53 a	1.47	1.46 a	1.48	1.49	1.49
Con anillado	1.45	1.48	1.41 b	1.46	1.36 b	1.47	1.44	1.46
P>F	0.22 ^{NS}	0.45 ^{NS}	0.02*	0.76 ^{NS}	0.07 ^{NS}	0.62 ^{NS}	0.39 ^{NS}	0.32 ^{NS}
DMS	0.15	0.10	0.10	0.08	0.08	0.10	0.13	0.11
A*B								
P>F	0.21 ^{NS}	0.35 ^{NS}	0.21 ^{NS}	0.44 ^{NS}	0.61 ^{NS}	0.46 ^{NS}	0.62 ^{NS}	0.25 ^{NS}
C.V.	8.5	9.96	9.97	9.29	8.39	9.97	12.94	11.21

NS = Diferencia estadística no significativa; * = Diferencia estadística; DMS = Diferencia mínima significativa; Tukey (P ≤ 0.05). T1 = 0 K y sin anillado; T2 = 300 g K sin anillado; T3 = 600 g de K sin anillado; T4 = 900 g de K sin anillado; T5 = 300 g de K con anillado; T6 = 600 g de K con anillado y T7 = 900 g de K con anillado. Todos los tratamientos con potasio, tuvieron una dosis adicional de 660 g N y 240 g de P.

En cuanto al factor dosis de K y práctica de anillado, si existió diferencias significativas (P < 0.05) en el mes de enero, momento en el cual los árboles se encontraban en floración. Se observa que conforme se incrementó la dosis de K la concentración de N disminuyó y además los árboles que no se anillaron presentaron mayor concentración de N en comparación con los anillados. Los resultados coinciden con lo que reportaron Day y Dejong (1990) en *Prunus Persica* L. en árboles anillados en diferentes fechas en todos disminuyó la concentración de N. Priestly (1978) indicó que este efecto puede ser ocasionado por una disminución en la actividad radicular; sin embargo, por la etapa en que se presentó este efecto, en el cultivo de litchi, se le puede atribuir a la demanda nutrimental de los árboles para la producción de flor.

En los meses de estudio, el rango de concentración varió de 1.34 %, correspondiente al tratamiento cuatro (Dosis alta de potasio 900 g sin anillado), en el mes de diciembre, a 1.62 % en el tratamiento dos (300 g de K, sin anillado), para el mes de junio. El valor mínimo de N establecido como óptimo para el

cultivo por Menzel y Simpson (1987a) es de 1.30 % y el máximo es de 1.40 %, en la presente investigación este último valor se superó ligeramente; estas concentraciones indican que el nitrógeno estuvo en suficiencia durante el estudio.

La fertilización nitrogenada que se proporcionó al cultivo, permitió mantener los niveles óptimos de nitrógeno en litchi con los tratamientos durante la evaluación. El proceso de absorción radicular es mayoritariamente por flujo de masas para el caso de nitrógeno (Barber *et al.*, 1963; Mota *et al.*, 2010), lo anterior conduce a que mientras exista humedad edáfica y transpiración en la planta, el abastecimiento de nitrógeno no se interrumpe. En el presente estudio el fertilizante nitrogenado se aplicó de manera fraccionada, de acuerdo a la dosis estimada para cada árbol, esto permitió la disponibilidad continua del nutrimento.

4.1.2. Fósforo.

La concentración de fósforo en tejido foliar, en los muestreos realizados durante el experimento, fluctuó en el rango óptimo que indican Menzel y Simpson (1987a) los cuales van de 0.08 a 0.20 %, en el presente estudio los valores estuvieron entre 0.08 % y 0.18 %, indicando que no fue un nutrimento limitante en el desarrollo y crecimiento del cultivo; sin embargo, en cuatro de los ocho momentos de muestreo existió presencia estadística ($P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$) entre tratamientos y solo en dos periodos se encontró significativa; así mismo se registró diferencia ($P \leq 0.01$) por efecto de dosis y práctica de anillado (Cuadro 7).

Cuadro 7. Concentración foliar de fósforo, en litchi cv Brewster de ocho años, con aplicaciones de dosis de potasio. Ubicados en Cerro del Tigre, Tepic Nayarit.

Trat	Septiembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
	Escala vegetativa		Floración		Fructificación			
1	0.16	0.16	0.114 ab	0.15 ab	0.118 ab	0.11 a	0.12abc	0.11 a
2	0.12	0.12	0.108 ab	0.15 ab	0.104 ab	0.10 a	0.18a	0.11 a
3	0.13	0.17	0.108 ab	0.16 a	0.122 a	0.10 a	0.15ab	0.12 a
4	0.15	0.13	0.142 a	0.10 c	0.110 ab	0.10 a	0.10bc	0.12 a
5	0.13	0.12	0.104 b	0.14 ab	0.098 ab	0.12 a	0.14abc	0.11 a
6	0.13	0.13	0.126 ab	0.12 bc	0.102 ab	0.11 a	0.10bc	0.10 a
7	0.14	0.12	0.104 b	0.10 c	0.090 c	0.10 a	0.08c	0.10 a
P>F	0.41 ^{NS}	0.36 ^{NS}	0.014*	0.001*	0.04*	0.86 ^{NS}	0.002*	0.17 ^{NS}
DMS	0.06	0.09	0.035	0.036	0.031	0.032	0.06	0.03
Dosis de K (g árbol⁻¹) (A)								
0	0.16	0.16	0.114	0.15 a	0.11	0.11	0.12 ab	0.11
300	0.12	0.12	0.106	0.15 a	0.10	0.11	0.16 a	0.11
600	0.13	0.15	0.117	0.14 a	0.11	0.11	0.12 ab	0.11
900	0.14	0.12	0.123	0.10b	0.10	0.10	0.09 b	0.11
P>F	0.35 ^{NS}	0.25 ^{NS}	0.18 ^{NS}	0.001*	0.26 ^{NS}	0.81 ^{NS}	0.002*	0.58 ^{NS}
DMS	0.05	0.06	0.023	0.02	0.02	0.02	0.041	0.02
Manejo (B)								
Sin anillado	0.14	0.14	0.118	0.14 a	0.11 a	0.109	0.14 a	0.12 a
Con anillado	0.13	0.12	0.111	0.12 b	0.09 b	0.114	0.10 b	0.10 b
P>F	0.25 ^{NS}	0.15 ^{NS}	0.21 ^{NS}	0.01*	0.01*	0.31 ^{NS}	0.002*	0.009*
DMS	0.04	0.05	0.012	0.012	0.01	0.011	0.02	0.01
A*B								
P>F	0.15 ^{NS}	0.32 ^{NS}	0.004 ^{NS}	0.04 ^{NS}	0.52 ^{NS}	0.70 ^{NS}	0.34 ^{NS}	0.38 ^{NS}
C.V.	24.84	32.92	15.14	13.12	14.70	14.34	23.68	13.76

NS = Diferencia estadística no significativa; * = Diferencia estadística, DMS = Diferencia mínima significativa; Tukey ($P \leq 0.05$). T1= 0 K y sin anillado; T2=300 g K sin anillado; T3= 600 g de K sin anillado; T4= 900 g de K sin anillado; T5= 300 g de K con anillado; T6=600 g de K con anillado y T7= 900 g de K con anillado. Todos los tratamientos con potasio, tuvieron una dosis adicional de 660 g N y 240 g de P.

Los meses en que se presentó diferencia estadística entre tratamientos fueron enero, febrero, marzo y mayo. Los valores más bajos siempre fueron para el tratamiento 7 (900 g de K + anillado). Este efecto se puede explicar por la función que posee el fósforo en la planta, el cual es un aportador de energía, la cual permite la traslocación de compuestos carbonados hacia los puntos de demanda

(Herold, 1980), en este caso hacia flor y posteriormente a frutos. En cuanto a la diferencia significativa que se observa en árboles anillados en comparación con no anillados, se ha reportado también en otros frutales como la nectarina (Day y Dejong, 1990) esto se debe principalmente por el efecto del anillado ya que está comprobado que en ramas anilladas se presentan dos fenómenos, por una lado se incrementa la concentración de azúcares y por otro lado se reduce la fotosíntesis neta, esto se atribuye a la rotura de membranas tilacoidales ocasionada por una acumulación de almidón en los cloroplastos (Schaffer *et al.*, 1986; Quentin *et al.*, 2013). Al agrupar los tratamientos en árboles anillados y sin anillar, en la mayoría de los árboles anillados se observó una correlación inversa entre la dosis de K_2O que se aplicó y árboles anillados (Figura 2a) mientras que en los árboles sin anillar no se registra ninguna asociación (Figura 2b). Lo anterior indica que la práctica de anillado tiene un efecto directo en la dinámica nutrimental en cuanto a fósforo, todo indica que la actividad metabólica que se lleva a cabo en árboles anillados es mayor en comparación con los que no son anillados; producto del efecto que ocasiona en cuanto a intensificación de producción de flor, que inclusive ha dado mejores resultados que algunos métodos químicos, como la aplicación de KNO_3 , ácido tri-iodobenzoico y Etefón (Mitra y Sanyal, 2001). La etapa en que se presentó el efecto es desde que inició la etapa de floración y se mantuvo hasta el final de fructificación, lo cual indica que la necesidad nutrimental de fósforo se incrementa en este periodo, debido a la intensa producción de flores que posee el frutal. Los resultados de la presente investigación coinciden con lo que reportaron Maldonado *et al.* (2012) quienes encontraron una disminución significativa de fósforo foliar después de floración en comparación con muestras analizadas antes de esta etapa, en litchi cultivar "Brewster" en condiciones de temporal, aun cuando la mejor producción de fruto por árbol que se alcanzó fue de 3.61 kg por árbol, considerado como rendimiento bajo, esto indica que la movilización de este nutrimento prácticamente la causa la producción de flor, la cual no necesariamente llega a convertirse en fruto, debido a que, no se ha encontrado una relación entre producción de flor y obtención de fruto en litchi (Menzel, 1984b). Neilsen *et al.* (2008) durante cinco años observaron que la concentración foliar de fósforo comienza a disminuir al iniciar el periodo de floración y continúa durante un

periodo de 12 semanas, aunque no reportaron el comportamiento de concentraciones nutrimentales de este elemento en etapa de desarrollo de fruto.

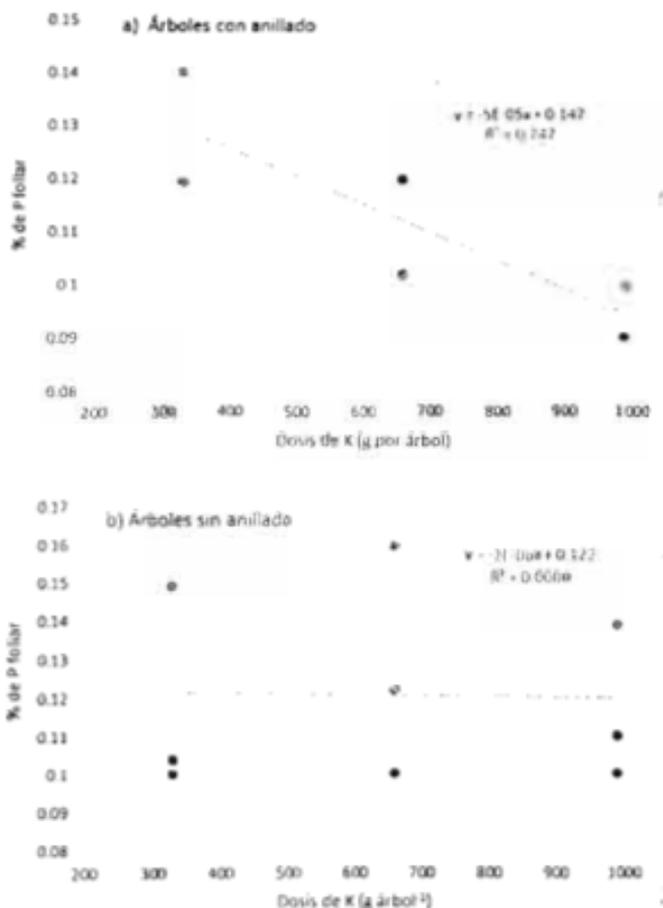


Figura 2. Relación entre concentración foliar de fósforo y dosis de K aplicado en árboles de Itchi cv Brewster. a) con anillado y b) sin anillado.

La correlación que se observa en árboles anillados en cuanto a disminución de fósforo foliar, se puede atribuir a la cantidad de fruto que cada tratamiento tuvo como producción de fruto por árbol, el cual se discutirá en el apartado

correspondiente a producción. Sin embargo, es necesario señalar que los árboles anillados tuvieron mayor producción de fruto (Cuadro 11), lo cual implicó una mayor producción de flor y por consiguiente se reflejó en una mayor demanda nutrimental.

4.1.3. Potasio.

El análisis de resultados en este elemento indica presencia no significativa en la mayoría de los muestreos realizados excepto en el momento ocho, es decir, solo se manifestó diferencia estadística ($P \leq 0.05$) en el último mes o sea en junio, esto pudo ser debido al efecto significativo de las dosis aplicadas de K (Cuadro 8). El tratamiento 1 (sin fertilización y sin anillado), fue quien tuvo menor concentración foliar de K (0.75 %) y la mayor concentración (1.14 %) se registró en el tratamiento 4 (sin anillado + 900 g árbol⁻¹ de K). Este muestreo se realizó un mes después de cosecha. El incremento que se presentó en el tratamiento 4, puede ser un efecto ocasionado por la baja producción de fruto que se obtuvo en estos árboles en comparación con los demás tratamientos, en donde sí se efectuó anillado de ramas y tuvieron mayor producción (Cuadro 11).

Cuadro 8. Concentración foliar de potasio, en litchi cv Brewster de ocho años, con aplicaciones de dosis de potasio. Cerro del Tigre, Tepic Nayarit.

Trat	Septiembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
	Eje vegetativo		Eje floración			Fructificación		
1	0.95	0.67	0.79	0.89	0.86	0.93	0.72	0.75b
2	0.81	0.76	0.82	0.85	0.82	0.79	0.98	0.87b
3	0.86	0.88	0.81	0.82	0.88	0.89	0.89	0.84b
4	0.89	0.73	0.88	0.89	0.93	0.89	0.87	1.14a
5	0.86	0.84	0.78	0.87	0.86	0.93	0.87	1.10b
6	0.85	0.76	0.88	0.82	0.89	0.91	0.80	0.85b
7	0.87	0.75	0.88	0.86	0.80	0.87	0.89	0.90b
P>F	0.76 ^{NS}	0.89 ^{NS}	0.77 ^{NS}	0.97 ^{NS}	0.70 ^{NS}	0.74 ^{NS}	0.58 ^{NS}	0.03*
DMS	0.31	0.5	0.27	0.29	0.25	0.28	0.4	0.38

Continuación								
Dosis de K (g árbol ⁻¹) (A)								
0	0.95	0.67	0.79	0.89	0.86	0.93	0.72	0.75 b
300	0.83	0.80	0.80	0.86	0.84	0.86	0.93	0.99 ab
600	0.85	0.82	0.85	0.82	0.89	0.90	0.85	0.84 ab
900	0.88	0.74	0.88	0.88	0.86	0.88	0.88	1.02 a
P>F	0.51 ^{NS}	0.53 ^{NS}	0.54 ^{NS}	0.82 ^{NS}	0.86 ^{NS}	0.70 ^{NS}	0.27 ^{NS}	0.04*
DMS	0.42	0.30	0.18	0.19	0.17	0.19	0.27	0.26
Manejo (B)								
Sin anillado	0.87	0.76	0.82	0.86	0.87	0.87	0.87	0.90
Con anillado	0.86	0.78	0.85	0.85	0.85	0.90	0.85	0.95
P>F	0.30 ^{NS}	0.32 ^{NS}	0.86 ^{NS}	0.95 ^{NS}	0.50 ^{NS}	0.34 ^{NS}	0.42 ^{NS}	0.97 ^{NS}
DMS	0.18	0.20	0.09	0.10	0.08	0.09	0.14	0.13
A*B								
P>F	0.28	0.35	0.67	0.93	0.27	0.45	0.73	0.03
C.M.	19.28	32.63	16.06	16.82	14.62	15.65	23.38	20.88

NS = Diferencia estadística no significativa; * = Diferencia estadística; DMS = Diferencia mínima significativa; Tukey (P<0.05) T1= 0 K y sin anillado; T2=300 g K sin anillado; T3= 600 g de K sin anillado; T4= 900 g de K sin anillado; T5= 300 g de K con anillado; T6=600 g de K con anillado y T7= 900 g de K con anillado. Todos los tratamientos con potasio, tuvieron una dosis adicional de 660 g N y 240 g de P.

Es importante señalar el hecho de que solo en un mes de muestreo existió diferencia estadística entre tratamientos, ubica al potasio como un elemento de alta movilidad en la planta, ya que aun cuando hay diferencia significativa en producción de fruto (lo cual se discutirá en el apartado correspondiente) entre tratamientos, la concentración de este nutrimento no se vio afectado, producto de un reabastecimiento continuo a partir del potasio presente en el suelo. El potasio se desplaza hacia las raíces principalmente por difusión (Zeng y Brown, 2000), por lo que se mueve con menor lentitud en comparación con el nitrógeno; la disponibilidad de riego en el huerto y la aplicación de potasio de manera fraccionada permitió mantener el cultivo en condiciones adecuadas de humedad y ello permitió la movilidad y absorción del nutrimento, ya que se ha demostrado que la disponibilidad del potasio se favorece con la presencia de humedad en el suelo (Kuchenbuch *et al.*, 1986).

La concentración nutrimental óptima de potasio que indican Menzel y Simpson (1987a) son de 0.80 a 1.2 % (Cuadro 4). En el presente estudio las

concentraciones de potasio variaron entre 0.67 y 1.14 %. Los árboles que tuvieron menor dosis de K fue el testigo, se observó que en los meses de diciembre, mayo y junio, la concentración disminuyó con respecto a la concentración óptima, coincidiendo con el valor inicial al establecimiento del experimento en donde se diagnosticó que el huerto mostraba una baja concentración foliar de potasio (Cuadro 3), en comparación con los niveles nutrimentales estándar (Cuadro 4).

4.1.4. Calcio.

La concentración de calcio mostró diferencia estadística ($P \leq 0.05$) en el mes de enero, entre tratamientos y efecto de práctica de anillado. En los árboles anillados en este mes disminuyó significativamente la concentración de este nutrimento, los resultados coinciden con los reportados por Cimo *et al.* (2013) en cítricos. Lo anterior indica que hay traslocación del calcio que se encuentra en las hojas posiblemente hacia la producción de flor o fruto, tal como lo indica White (2015) al señalar que existe una lenta movilización de este nutrimento hacia frutos, que en algunos casos llega a ser del 18 % (Cuadro 9)

El nivel de concentración foliar de calcio indicado por Menzel *et al.* (1992) fluctúa en un rango que va de 0.9 a 1.1 %, lo que indica que la concentración varía en función del momento fenológico en que se realice el muestreo. Los valores de calcio en tejido foliar en el presente estudio varió de 0.96 a 2.66 %. La mayoría de los valores de concentración de calcio en tejido foliar superaron el valor estándar máximo (1.1 %), lo anterior puede ser debido a la concentración de calcio que existe en el suelo, en el cual se reportó como calcio intercambiable una concentración de 2071 (mg Kg^{-1}), considerado como una concentración media, según la Norma Oficial Mexicana de Clasificación de Suelos (RECNAT-NOM-021). Wortmann (2014), indica que la concentración de calcio en tejido foliar varía considerablemente aún en un mismo cultivo y que generalmente la variación que se presenta en una misma especie se debe a que hay diferencia en la capacidad de absorción de nutrimentos entre cultivares. Maldonado *et al.* (2012) no encontraron diferencia significativa en producción de litchi al adicionar 720 kg de $\text{Ca(OH)}_2 \text{ ha}^{-1}$ a una dosis de fertilización de 50-130-50 de N, P_2O_5 y

K₂O (Kg ha⁻¹) en un suelo que reportó una concentración de 600 mg Kg⁻¹ de calcio intercambiable.

Cuadro 9. Concentración foliar de calcio en árboles de litchi cv Brewster de ocho años, con aplicaciones de dosis de potasio, ubicados en Cerro del Tigre, Tepic Nayant.

Trat	Septiembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
	← Época vegetativa		← Época floración			← Época Fructificación		
1	1.85	1.50	2.11 a	2.09	1.87	1.96	2.48	1.88
2	2.19	1.93	1.85 ab	2.00	1.99	2.66	2.16	1.56
3	1.87	2.29	1.95 ab	2.26	1.49	2.22	2.40	1.09
4	1.87	1.47	2.01 ab	1.42	1.60	2.09	2.05	1.06
5	2.00	1.35	1.31 ab	1.81	1.42	1.53	1.97	1.20
6	1.77	1.33	0.96 b	1.32	1.59	1.66	2.02	1.31
7	1.90	1.75	1.50 ab	1.38	1.73	2.05	1.51	1.04
P>F	0.7 ^{NS}	0.13 ^{MS}	0.02 ^{MS}	0.40 ^{MS}	0.33 ^{MS}	0.28 ^{MS}	0.53 ^{MS}	0.14 ^{MS}
DMS	0.92	1.16	1.09	1.66	0.84	4.58	1.57	1.08
Dosis de K (g árbol⁻¹) (A)								
0	1.85	1.50	2.11	2.09	1.87	1.96	2.48	1.88
300	2.09	1.64	1.58	1.90	1.70	2.10	2.06	1.38
600	1.82	1.81	1.45	1.79	1.54	1.94	2.50	1.20
900	1.88	1.61	1.76	1.40	1.66	2.49	1.78	1.02
P>F	0.52 ^{MS}	0.48 ^{MS}	0.58 ^{MS}	0.53 ^{MS}	0.67 ^{MS}	0.27 ^{MS}	0.49 ^{MS}	0.07 ^{MS}
DMS	0.40	0.45	0.74	1.13	0.57	3.11	5.83	0.73
Manejo (B)								
Sin anillado	1.94	1.9	1.98 a	1.94	1.73	2.94	3.34	1.38
Con anillado	1.89	1.47	1.26 b	1.50	1.58	1.75	1.83	1.18
P>F	0.36 ^{MS}	0.32 ^{MS}	0.002*	0.20 ^{MS}	0.46 ^{MS}	0.07 ^{MS}	0.25 ^{MS}	0.86 ^{MS}
DMS	0.10	0.40	0.38	0.58	0.29	1.59	2.98	0.37
A*B								
P>F	0.45 ^{MS}	0.40 ^{MS}	0.55 ^{MS}	0.43 ^{MS}	0.12 ^{MS}	0.50 ^{MS}	0.44 ^{MS}	0.08 ^{MS}
C.V.	25.31	35.01	32.60	25.16	25.23	23.79	25.00	25.05

NS = Diferencia estadística no significativa; * = Diferencia estadística; DMS = Diferencia mínima significativa; Tukey (P ≤ 0.05). T1= 0 K y sin anillado; T2=300 g K sin anillado; T3= 600 g de K sin anillado; T4= 900 g de K sin anillado; T5= 300 g de K con anillado; T6=600 g de K con anillado y T7= 900 g de K con anillado. Todos los tratamientos con potasio, tuvieron una dosis adicional de 660 g N y 240 g de P.

En cuanto a la vía de desplazamiento del calcio hacia las raíces, se estima que el 70 % del calcio que absorbe la planta llega por flujo de masas (Barber, 1966), por lo tanto la humedad edáfica y la concentración de calcio intercambiable que

posee el suelo, tuvieron un efecto directo y positivo, en el abastecimiento de este elemento en el área foliar del árbol. En cuanto a este cultivo no se ha registrado respuesta a la fertilización con calcio (Menzel y Simpson, 1987a).

4.1.5. Magnesio.

Si hubo efecto de tratamientos en la concentración de magnesio foliar (Cuadro 10). La concentración foliar de magnesio indicado por Menzel y Simpson (1987a), va de 0.21 a 0.70 %, los valores de concentración de magnesio en hoja, que se determinó en los diferentes muestreos fluctuaron entre 0.18 y 0.30 %, es importante señalar que el valor de 0.18 % solo se presentó en el tratamiento testigo entre las etapas vegetativa e inicio de floración, los tratamientos restantes en ningún momento de muestreo se registraron valores inferiores al 0.20 %. El efecto de disminución del valor de concentración corresponde al nivel de magnesio intercambiable reportado por el análisis de suelo previo al establecimiento del experimento ($343 \text{ mg Mg Kg}^{-1}$), el cual lo ubica en un nivel intermedio de fertilidad de magnesio (Cuadro 2). Aparentemente los valores de magnesio foliar son bajos al compararlos con el valor estándar que indican Menzel y Simpson (1987a), sin embargo en otra investigación Pathak *et al.* (2012) reportaron una producción de fruto de 91.84 kg árbol, cuando el nivel de magnesio estuvo entre 0.26 y 0.32 %. estos valores son similares a los que se obtuvieron en la presente investigación, por lo tanto el nivel de magnesio no pudo afectar el rendimiento del cultivo.

Cuadro 10. Concentración foliar de magnesio, en árboles de litchi cv Brewster de ocho años, con aplicaciones de dosis diferentes de potasio, ubicados en el Cerro del Tigre Tepic, Nayarit.

Trat	Septiembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
	Etiapa vegetativa		Etiapa floración		Fructificación			
1	0.25	0.18	0.24 ab	0.23	0.25	0.27	0.28	0.29
2	0.27	0.20	0.20 b	0.24	0.23	0.29	0.24	0.27
3	0.26	0.30	0.20 b	0.26	0.21	0.28	0.25	0.23
4	0.24	0.22	0.29 a	0.20	0.26	0.27	0.27	0.25
5	0.28	0.21	0.22 ab	0.22	0.22	0.26	0.28	0.27
6	0.28	0.24	0.23 ab	0.20	0.22	0.27	0.30	0.29
7	0.25	0.20	0.22 ab	0.24	0.26	0.29	0.22	0.26
P>F	0.75 ^{NS}	0.11 ^{NS}	0.003*	0.60 ^{NS}	0.65 ^{NS}	0.79 ^{NS}	0.36 ^{NS}	0.10 ^{NS}
DMS	0.12	0.14	0.06	0.14	0.1	0.07	0.11	0.069
Dosis de K (g árbol ⁻¹) (A)								
0	0.25	0.18	0.24 a	0.23	0.25	0.27	0.28	0.29
300	0.27	0.20	0.14 b	0.23	0.23	0.27	0.26	0.27
600	0.27	0.22	0.18 ab	0.22	0.22	0.28	0.27	0.26
900	0.24	0.21	0.26 a	0.22	0.23	0.28	0.24	0.25
P>F	0.56 ^{NS}	0.45 ^{NS}	0.005*	0.97 ^{NS}	0.29 ^{NS}	0.97 ^{NS}	0.58 ^{NS}	0.08 ^{NS}
DMS	0.05	0.10	0.09	0.09	0.07	0.05	0.07	0.04
Manejo (B)								
Sin anillado	0.25	0.22	0.23 a	0.23	0.24	0.28	0.26	0.26
Con anillado	0.27	0.21	0.16 b	0.21	0.23	0.28	0.26	0.27
P>F	0.35 ^{NS}	0.52 ^{NS}	0.007*	0.49 ^{NS}	0.91 ^{NS}	0.84 ^{NS}	0.63 ^{NS}	0.07 ^{NS}
DMS	0.08	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.03	0.02
A*B								
P>F	0.62 ^{NS}	0.67 ^{NS}	0.73 ^{NS}	0.17 ^{NS}	0.89 ^{NS}	0.25 ^{NS}	0.10 ^{NS}	0.18 ^{NS}
C.V.	24.99	25.4	33.24	31.01	21.63	13.26	21.14	12.69

NS = Diferencia estadística no significativa; * = Diferencia estadística; DMS = Diferencia mínima significativa; Tukey (P ≤ 0.05). T1= 0 K y sin anillado, T2=300 g K sin anillado; T3= 600 g de K sin anillado; T4= 900 g de K sin anillado; T5= 300 g de K con anillado; T6=600 g de K con anillado y T7= 900 g de K con anillado. Todos los tratamientos con potasio, tuvieron una dosis adicional de 660 g N y 240 g de P.

4.2. Variación estacional nutrimental.

4.2.1. Nitrógeno.

Los niveles de concentración de nitrógeno presentaron un comportamiento muy variado; en la etapa vegetativa se observó una concentración del 1.46 %, en floración incrementó a 1.48 %, al inicio de fructificación disminuyó a 1.40 % y en el mes de junio cuando estaba terminando la cosecha la concentración fue de 1.46 %. La menor concentración de nitrógeno se registró en la etapa de inicio de fructificación en el mes de marzo (Figura 3). Este comportamiento concuerda con los resultados de Maldonado *et al.* (2012) quienes reportaron como nivel crítico inferior de nitrógeno, un valor de 1.30 % después de floración. Menzel *et al.* (1992) señalaron que la concentración foliar de nitrógeno varía dependiendo de la etapa fenológica del cultivo y puede elevarse hasta 1.70 % en etapa vegetativa, mientras que en etapa de fructificación puede disminuir hasta 1.40 %. Se observa que al inicio de cada etapa fenológica, específicamente floración y fructificación, hay una disminución de N en la hoja posiblemente porque este es rápidamente absorbido o demandado en la yema reproductiva para efectuar la fertilización e inducción floral (diciembre); una vez que cumple su función en la fecundación o formación de flores nuevamente se aprecia una acumulación o regulación de N en el ápice o yema floral (enero) mismo que es drásticamente reducido (marzo) probablemente por ser utilizado para iniciar la formación y posterior amarre de fruto (marzo-abril), finalmente se aprecia una regulación o variación mínima de este elemento que puede influir en el tamaño de fruto, debido a que el N tiene un efecto directo en la producción de flor y fruto como Nieves-González *et al.* (2013) mostraron en *Capsicum chinensis* Jacq. En términos generales un abatimiento de la concentración de N entre etapa vegetativa-inicio de floración y entre floración-inicio de fructificación indica que hubo traslocación de este nutrimento de las hojas a los órganos de producción (Maldonado *et al.*, 2012); respuesta que puede ser reflejada en un mayor porcentaje de floración y fructificación (Menzel y Waite, 2005).

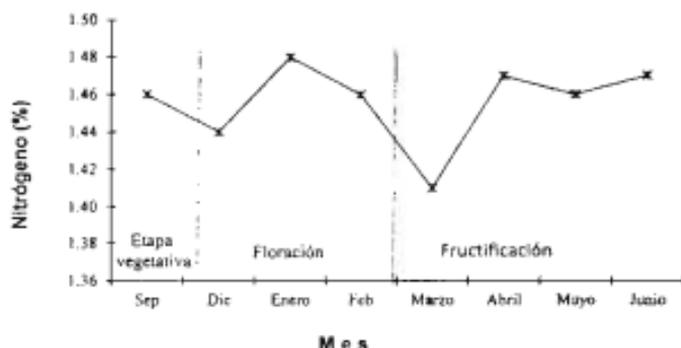


Figura 3. Dinámica de nitrógeno en árboles de litchi cv Brewster de ocho años de edad, en diferentes etapas fenológicas, ubicados en el Cerro del Tigre, Tepic, Nayarit.

Esta variación en la concentración de N foliar puede ser un indicador para detectar los momentos de mayor demanda y oferta para que el desarrollo de fruto continúe o se lleve a cabo eficientemente hasta la cosecha. En este sentido Méndez y Molina (2002) mencionan que la aplicación de nutrimentos en función de la demanda (una consecuencia del ciclo fenológico) debería construir la base de la fertilización científica de los cultivos

El litchi es un cultivo que se ha caracterizado como alternante (Magalhães *et al.*, 2009), es evidente que existe una variación estacional de nitrógeno en los frutales que presentan este fenómeno, pues en estos los procesos son más intensos sobre todo, en los años de producción, conocidos también como años "on".

4.2.2. Fósforo.

La variación estacional de fósforo foliar fue significativa entre fechas de muestreo (Figura 4). En la etapa de fructificación fue cuando se encontró menor concentración de fósforo, la disminución de fósforo en tejido foliar en esta etapa fenológica de fructificación coincide con lo mencionado por Menzel, *et al.* (1992)

quienes indican que existe disminución de fósforo entre el periodo de amarre de fruto y cosecha

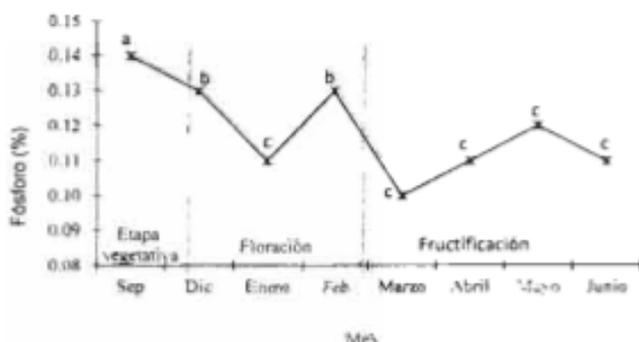


Figura 4. Dinámica de fósforo en árboles de litchi cv Brewster de ocho años de edad, en diferentes etapas fenológicas, ubicados en el Cerro del Tigre, Tepic, Nayarit.

Todos los tratamientos recibieron la misma cantidad de fósforo por árbol (260 gramos), sin embargo la diferencia estadística ($P < 0.01$), indica que existen etapas críticas en las cuales disminuye la concentración del nutrimento en hoja, en el presente estudio, las etapas fueron inicio de floración e inicio de fructificación. Algunas investigaciones indican que la disminución de fósforo foliar correlaciona con la producción de fruto por árbol y si el frutal no produce frutos sus niveles de fósforo pueden ser mayores que los productivos, se puede deducir que la velocidad de reabastecimiento de fósforo a la hoja es lenta.

4.2.3. Potasio.

El análisis estadístico entre fechas de muestreo indica que hubo presencia estadística ($P \leq 0.05$) (Figura 5). Los momentos críticos de demanda de potasio son inicio de floración y un mes antes de cosecha (mayo), que es cuando el fruto se encuentra en crecimiento intensivo, por lo tanto es cuando se observa una disminución en concentración foliar de este nutrimento. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Benitez-Pardo *et al.* (2003) quienes observaron en mango una disminución significativa de potasio foliar en la etapa de desarrollo de fruto.

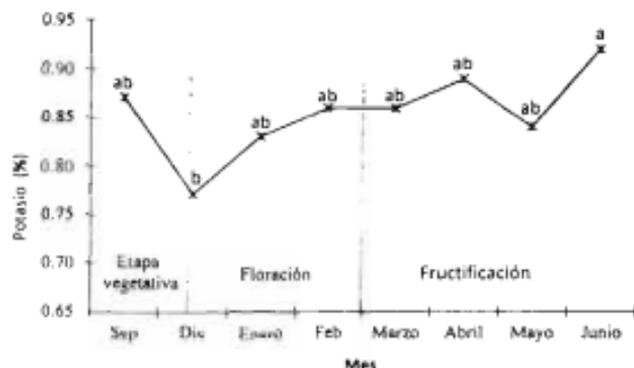


Figura 5 Dinámica de potasio en árboles de litchi cv Brewster de ocho años de edad, en diferentes etapas fenológicas, ubicados en el Cerro del Tigre, Tepic, Nayarit.

En el muestreo de septiembre se observó que la concentración de potasio era de 0.87 %. Sin embargo en este momento no se había realizado ninguna aplicación de fertilizante potásico al cultivo, pues los tratamientos se establecieron posterior a este muestreo, además se observa en la figura 5 que en el mes de junio se incrementó significativamente el nivel de potasio, posiblemente como producto de los tratamientos de fertilización potásica. Existe una tendencia marcada de incremento de nivel de potasio en hoja, a partir de inicio de floración y conforme transcurre el tiempo hasta la etapa final de fructificación, este elemento tendió a aumentar lo que indica que la demanda de este nutrimento se va disminuyendo gradualmente hasta maduración de fruto.

4.2.4. Calcio.

Durante el periodo de experimentación no se observó diferencia estadística en concentración foliar de calcio entre los meses de muestreo (Figura 6). Menzel *et al.* (1992) mencionaron que en la etapa de fructificación y después de cosecha en el cultivo de litchi, se presenta una disminución en la concentración foliar de este elemento, pudiendo alcanzar valores de hasta 0.9 %; los valores del presente estudio concuerdan con lo anterior en cuanto a la disminución que se presenta después de cosecha, sin embargo los valores solo llegaron a 1.30 %, esto se puede atribuir al nivel de calcio existente en el suelo (2071 mg Kg⁻¹)

(Cuadro 2). Con lo anterior, se comprueba que este elemento suele ser el catión más abundante en el complejo de cambio del suelo, aunque la proporción utilizable depende del grado de saturación; sin embargo, en el interior del citoplasma y en los cloroplastos los niveles deben ser bajos para evitar la precipitación del fósforo inorgánico (Monge *et al.*, 1994).

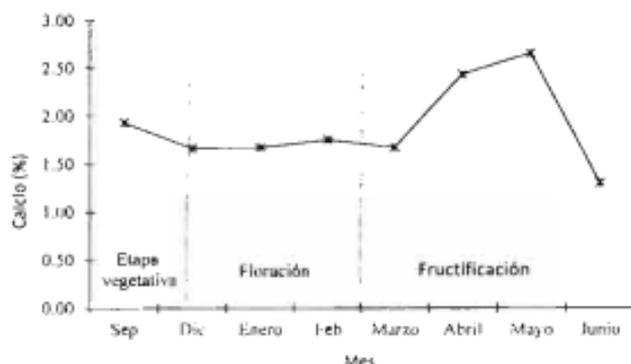


Figura 6. Dinámica de calcio en árboles de litchi cv Brewster de ocho años de edad, en diferentes etapas fenológicas, ubicados en el Cerro del Tigre, Tepic, Nayarit.

Si a esta poca efectividad de incorporación del calcio se le suma la poca movilidad que posee este nutrimento dentro de la planta que no responde ni a niveles hormonales ni a un exceso de transpiración (Monge *et al.* (1994), se puede deducir que una deficiencia de este elemento, solo se corrige a través de la aplicación vía suelo

4.2.5. Magnesio.

El análisis estadístico indicó que hubo efecto de meses de muestreo en los niveles de magnesio foliar (Figura 7), se observó que en el muestreo realizado al inicio de floración, el nivel disminuyó drásticamente, estos resultados concuerdan con lo reportado por Menzel *et al.* (1992), quienes reportaron una disminución de magnesio en la etapa de floración.

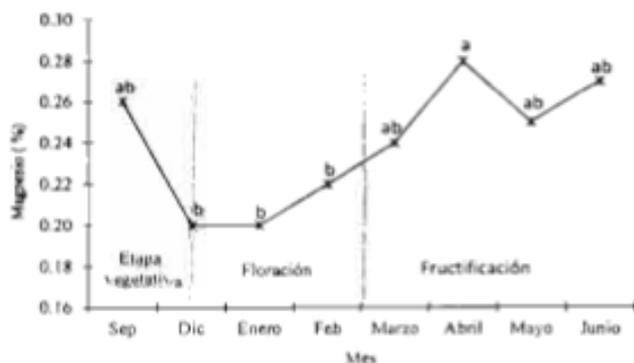


Figura 6. Dinámica de magnesio en árboles de litchi cv Brewster de ocho años de edad, en diferentes etapas fenológicas, ubicados en el Cerro del Tigre, Tepic, Nayarit.

4.3. Efecto de la fertilización potásica en rendimiento y calidad de fruto.

4.3.1. Rendimiento ($t\ ha^{-1}$).

El análisis de varianza en cuanto a esta variable mostró interacción significativa y diferencia estadística entre tratamientos ($P \leq 0.01$); los mejores rendimientos se alcanzaron en los tratamientos anillados (T5, T6 y T7) con una tendencia directamente proporcional a la concentración de K, mientras que los árboles que no se anillaron fueron los que reportaron rendimientos más bajos inclusive con un rendimiento inferior al testigo (Cuadro 11). El efecto positivo de la fertilización potásica en el rendimiento de litchi cv Bombai de 27 años de edad, ha sido reportado por Pathak y Mitra (2008), en una evaluación realizada variando dosis de fósforo (0, 200, 400 y 600 $g\ árbol^{-1}$) y potasio (0, 350, 700 y 1050 $g\ árbol^{-1}$), indican que potasio tuvo mayor efecto en rendimiento en comparación con la variación de fósforo. La dosis con la que se obtuvo la mayor producción de fruto (74.52 kg) fue 400 g de P y 1050 g de K. En otro estudio realizado por Pathak et al. (2012), también en cv Bombai, indican que el momento de aplicación del potasio tiene efecto significativo en rendimiento, estos investigadores evaluaron dos momentos de aplicación, fraccionando la dosis en dos partes iguales, la primera 15 días después de amarre de fruto y 15 días después de la cosecha

anterior, la segunda dosis fraccionada se aplicó 30 días antes de floración y 15 días después de amarre de fruto, utilizando una dosis uniforme por árbol de 600 g de N y 400 g de P; la mayor producción de fruto (91.84 kg árbol⁻¹) se obtuvo cuando se aplicó una dosis de 600 g de K por árbol fraccionada en dos partes iguales, 30 días antes de floración y 15 días después de cosecha. La variación en las dosis de potasio con las cuales se logró la máxima producción de fruto, es seguramente por el nivel inicial de K en el suelo, el cual no se reporta en ninguno de los dos casos.

Cuadro 11. Efecto de fertilización potásica en rendimiento de litchi.

TRAT	Fruto fresco (Kg árbol ⁻¹)	t ha ⁻¹
1	14.56 cd	4.03 cd
2	8.78 de	2.43 de
3	8.26 e	2.29 e
4	8.54 e	2.37 e
5	19.90 cb	5.51 cb
6	21.74 b	6.02 b
7	44.22 a	12.25 a
P>F	0.0001	0.0001
DMS	9.01	2.49
Dosis de K (g árbol ⁻¹) (A)		
0	14.56 b	4.03 b
300	14.34 b	3.97 b
600	14.99 b	4.15 b
900	26.38 a	7.31 a
P>F	0.0001*	0.001*
DMS	3.97	3.00
Manejo (B)		
Sin anillado	10.03 b	2.78 b
Con anillado	28.62 a	7.92 a
P>F	0.0001	0.001
DMS	2.03	3.50
A*B		
P>F	0.001*	0.001*
C/N	16.16	16.16

NS = Diferencia estadística no significativa, * = Diferencia estadística, DMS = Diferencia mínima significativa; Tukey (P ≤ 0.05) T1= 0 K y sin anillado; T2=300 g K sin anillado; T3= 600 g de K sin anillado; T4= 900 g de K sin anillado; T5= 300 g de K con anillado; T6=600 g de K con anillado y T7= 900 g de K con anillado. Todos los tratamientos con potasio, tuvieron una dosis adicional de 660 g N y 240 g de P

Reza *et al.* (2007) concluyen que el litchi es un cultivo que requiere de altas cantidades de fertilizante y Rai *et al.* (2002) encontró una correlación entre la concentración foliar de potasio y rendimiento de 0.80, superando las correlaciones obtenidas con fósforo o nitrógeno. Pathak y Mitra (2010), coinciden en que el K es el nutrimento más requerido en comparación con nitrógeno y fósforo, inclusive mencionaron que reduce crecimiento vegetativo excesivo e incrementa floración, además encontraron que los árboles con mayor K foliar incrementaron su actividad fotosintética; aun así faltó realizar una evaluación de una aplicación vía fertirriego en donde se aplicaran los nutrimentos de manera fraccionada, a la par con el reabastecimiento de humedad, que fue lo que se hizo en el presente estudio.

La producción de fruto de 91.84 kg de fruto por árbol que reportan Pathak *et al.* (2012) no se comparan con la producción que se obtuvo en este estudio (44.22 Kg árbol⁻¹), sin embargo los autores anteriores solo reportan la edad de los árboles que es de 27 años; árboles de esta edad poseen copas más frondosas que reducen la cantidad de árboles establecidos por ha, por lo que al expresar la producción de fruta por árbol en términos de rendimiento por ha, posiblemente los rendimientos sean similares.

El litchi es un cultivo que todavía plantea muchas interrogantes en cuanto a su manejo óptimo, ya que en cada zona agroecológica responde de manera diferente, en algunas zonas requiere de estrés a través de práctica de anillado, eliminación de riego, manejo de fertilización; es un árbol que crece vegetativamente de manera excesiva, pero sigue siendo un cultivo de interés por la demanda que posee en el mercado tanto nacional como internacional.

Cada frutal tiene sus particularidades por ejemplo, Opazo y Razeto (2001), no encontraron incremento en rendimiento de fruto en naranja valencia al aplicar una dosis de 3 kg de K₂O por árbol, utilizando diferentes fuentes, en un huerto con nivel medio de K intercambiable (0.5 cmol Kg⁻¹) según norma oficial mexicana de análisis de suelo (NOM-021-RECNAT-2000). Lo anterior puede ser por el requerimiento nutrimental del cultivo en términos de Kg de K requeridos

por tonelada de fruto fresco, que para el caso de naranja valencia es de 2.0 kg (Suarez, 2011), mientras que para litchi es de 5.4 kg (Galán, 1987), por lo que posiblemente la cantidad existente como K disponible para el cultivo aun cuando se ubica en un rango de clasificación medio, para este frutal fue suficiente.

4.3.2. Calidad de fruto.

a) Proporción cáscara, pulpa, semilla.

No se presentó diferencia estadística por efecto de tratamientos, dosis de fertilización potásica ni práctica de anillado, en las variables peso de cáscara, semilla y pulpa (Cuadro 12), los resultados de efecto de potasio coinciden con lo reportado por Rai. *et al.* (2002), quienes evaluaron un rango de dosis anual de K por árbol de 0 a 749 g y no encontraron diferencia significativa al evaluar estas mismas variables, en árboles de 51 m³ de copa, con altura promedio de 3.5 m y diámetro de copa de 5.16 m E-O y 5.19 N-S, árboles con características similares a los utilizados en el presente experimento, aunque el cultivar fue "China", durante seis años consecutivos. En otro experimento en naranja valencia tampoco se encontró efecto de una dosis de 3.0 Kg de K₂O anual, en grosor de cáscara (Opazo y Raseto, 2001).

Cuadro 12. Efecto de fertilización potásica en proporción de cáscara, pulpa y semilla en frutos de litchi cv Brewster

TRAT	Peso Total	Cáscara	Semilla		Pulpa
			[g]		
1	14.40	3.20	2.68	8.52	
2	13.56	2.72	2.34	8.50	
3	15.42	3.28	3.24	8.92	
4	15.80	2.80	2.70	10.60	
5	14.90	2.90	3.16	8.84	
6	16.10	3.32	2.94	9.94	
7	14.52	2.96	3.04	8.58	
P>F	0.76 ^{MS}	0.72 ^{NS}	0.53 ^{NS}	0.38 ^{MS}	
OMS	2.88	1.38	1.53	3.48	

Continuación...				
Dosis de K (g árbol ⁻¹)				
(A)				
0	14.40	3.20	2.68	8.52
300	14.23	2.81	2.75	8.67
600	15.76	3.30	3.09	9.43
900	15.16	2.88	2.87	9.59
P>F	0.61 ^{NS}	0.34 ^{NS}	0.78 ^{NS}	0.49 ^{NS}
DMS	3.64	0.94	1.04	2.36
Manejo (B)				
Sin anillado	14.79	3.00	2.74	9.13
Con anillado	15.17	3.06	3.04	9.12
P>F	0.80 ^{NS}	0.62 ^{NS}	0.31 ^{NS}	0.73 ^{NS}
DMS	1.86	0.48	0.53	1.21
A*B				
P>F	0.52 ^{NS}	0.97 ^{NS}	0.27 ^{NS}	0.13 ^{NS}
C.V.	17.82	22.89	26.64	19.01

NS = Diferencia estadística no significativa; * = Diferencia estadística; DMS = Diferencia mínima significativa; Tukey (P≤0.05). T1= 0 K y sin anillado; T2=300 g K sin anillado; T3= 600 g de K sin anillado; T4= 900 g de K sin anillado; T5= 300 g de K con anillado; T6=600 g de K con anillado y T7= 900 g de K con anillado. Todos los tratamientos con potasio, tuvieron una dosis adicional de 660 g N y 240 g de P.

Con estos datos se deduce que el K no tiene un efecto directo en incrementar el peso de este fruto, ya que no incrementa el peso de ninguno de los tres componentes (cáscara, pulpa o semilla). La importancia de este nutriente radica en el incremento en el número de frutos, que llegan a madurez comercial, con la fertilización potásica (Pathak y Mitra, 2012), sin embargo, también ocasiona un efecto de disminución de número de frutos si se excede de la dosis requerida, según estos mismos autores, por ello es importante identificar la dosis adecuada de K que permita solo el incremento de producción de fruto.

b) Ancho y longitud de fruto.

En la variable ancho de fruto y longitud sí hubo efecto significativo de tratamientos, dosis de K y práctica de anillado (Cuadro 13). El efecto de incremento de diámetro ecuatorial, por la fertilización potásica lo reportaron Pathak y Mitra (2008) y también encontraron que cuando se incrementó el diámetro ecuatorial se reduce significativamente el diámetro longitudinal, los

resultados encontrados en este estudio coinciden con lo que reportan estos autores; sin embargo, Rai *et al.* (2002) no encontraron ningún efecto en estas dos variables probablemente porque fertilizaron solo con potasio y no consideraron el requerimiento de los otros elementos, mientras que Pathak y Mitra (2008) consideraron una combinación entre K y P. Ariza *et al.* (2004) quienes evaluaron el efecto del anillado en limón mexicano reportan que la práctica incrementó el diámetro de fruto, lo cual coincide con lo que se encontró en este experimento; sin embargo, se ha reportado que, el anillado ocasiona también el efecto de reducción de diámetro ecuatorial en mandarina "Monica" (Pérez-Madrid, *et al.*, 2005), por lo que el efecto de incremento de diámetro de fruto no es consistente.

Es necesario mencionar que la dosis de la interacción entre dosis de K y la práctica de anillado fue significativa ($P < 0.05$).

Cuadro 13. Efecto de la fertilización potásica en las variables de ancho y longitud de fruto de litchi cv. Brewster.

TRAT	Ancho de fruto	Longitud de fruto
	(cm)	
1	2.70 c	3.26 a
2	2.78 bc	3.22 a
3	2.58 c	3.42 a
4	3.20 ab	2.52 b
5	2.88 abc	3.28 a
6	3.22 a	3.44 a
7	2.82 abc	3.26 a
P>F	0.0001*	0.0001*
DMS	0.42	0.50

Dosis de K (g árbol ⁻¹) (A)		
0	2.70 b	3.26 a
300	2.83 ab	3.25 a
600	2.90ab	3.43 a
900	3.01 a	2.89 b
P>F	0.15*	0.003*
DMS	0.28	0.34

Continuación...		
Manejo (B)		
Sin anillado	2.81 b	3.10 b
Con anillado	2.97 a	3.32 a
P>F	0.13	0.005
DMS	0.14	0.17
A*B		
P>F	0.0001*	0.0004*
C.V.	7.35	7.85

NS = Diferencia estadística no significativa; * = Diferencia estadística; DMS = Diferencia mínima significativa; Tukey (P<0.05) T1= 0 K y sin anillado; T2=300 g K sin anillado, T3= 600 g de K sin anillado, T4= 900 g de K sin anillado, T5= 300 g de K con anillado, T6=600 g de K con anillado y T7= 900 g de K con anillado. Todos los tratamientos con potasio, tuvieron una dosis adicional de 660 g N y 240 g de P.

c) pH, sólidos solubles totales (°Brix) y % de acidez titulable.

En el cuadro 14 se observa que la única variable en la cual se registró diferencia significativa fue pH, tanto por efecto de tratamientos como por efecto de práctica de anillado. Rai *et al.* (2002) no observaron variación de grados brix por efecto de dosis de potasio, cuando evaluaron potasio en un rango de 166 a 749 g por árbol. El efecto de dosis de potasio en la variable grados brix se ha documentado en otros frutales, Obreza (2003), reportó incremento significativo de grados brix en toronja, utilizando dosis de 0 a 400 kg de K₂O por ha; así mismo en hortalizas como tomate (Çolpan *et al.*, 2013), también se reportó efecto significativo en grados brix; sin embargo, en la presente investigación no hubo diferencia significativa entre tratamientos, aunque sí diferencia numérica y se observa que los árboles con anillado y fertilización elevaron los grados brix. En cuanto a la variable pH Colpan *et al.* (2013) reportan que el pH del fruto se elevó significativamente cuando se aplicó potasio, lo cual coincide con el presente estudio, en donde la mayoría de los tratamientos que recibieron potasio aumentaron su pH. La acidez del fruto no reportó diferencia significativa, los resultados coinciden con lo que reportaron Rai *et al.* (2002), se observa solo una diferencia numérica, en este caso sin excepción todos los tratamientos que recibieron fertilizante potásico independientemente si se anillaron o no, tuvieron menor acidez.

Cuadro 14. Efecto de la fertilización potásica en las variables de pH, °Brix y % de acidez titulable.

TRAT	°Brix	% de acidez titulable	pH
1	20.09	1.01	3.41 b
2	19.99	0.65	3.49 ab
3	19.58	0.55	3.46 ab
4	18.16	0.58	3.63 a
5	20.75	0.52	3.70 a
6	20.69	0.73	3.71 a
7	19.84	0.52	3.52 ab
P>F	0.43 ^{NS}	0.41 ^{NS}	0.01*
DMS	7.12	0.77	0.29
Dosis de K (g árbol ⁻¹) (A)			
0	20.09	1.01	3.41
300	20.37	0.58	3.49
600	20.14	0.64	3.46
900	19.00	0.55	3.63
P>F	0.36 ^{NS}	0.98 ^{NS}	0.30
DMS	4.84	0.52	0.37
Manejo (B)			
Sin anillado	19.45	0.70	3.41 b
Con anillado	20.43	0.59	3.64 a
P>F	0.73 ^{NS}	0.21 ^{NS}	0.02*
DMS	2.48	0.26	0.19
A*B			
P>E	0.95 ^{NS}	0.64 ^{NS}	0.01*
T, %	7.44	37.07	7.84

NS = Diferencia estadística no significativa; * = Diferencia estadística, DMS = Diferencia mínima significativa; Tukey (P<0.05). T1= 0 K y sin anillado; T2=300 g K sin anillado; T3= 600 g de K sin anillado; T4= 900 g de K sin anillado; T5= 300 g de K con anillado; T6=600 g de K con anillado y T7= 900 g de K con anillado. Todos los tratamientos con potasio, tuvieron una dosis adicional de 660 g N y 240 g de P.

d) Color

Entre los valores que determinan color son: ángulo hue (° h), Luminosidad (L) y chroma (c), solo luminosidad, el cual indica brillantez mostró diferencia significativa (P<0.05) (Cuadro 15), sin embargo no existe una tendencia clara del efecto de potasio, ya que se tienen valores en mismo grupo estadístico tanto

para testigo, árboles anillados y sin anillar, lo cual indica que son otros factores los que inducen la variación en este valor y no precisamente potasio.

Cuadro 15. Parámetros de color en frutos de litchi cv 'Brewster'.

TRAT	L	a _h	C
1	39.80 a	16.61	42.41
2	39.35 ab	18.33	39.68
3	39.40 ab	18.33	41.30
4	37.76 b	17.18	42.02
5	37.61 ab	16.61	41.16
6	39.47 ab	18.33	41.55
7	38.88 ab	16.04	42.48
P>F	0.03*	0.37 ^{NS}	0.49 ^{NS}
DMS	5.36	3.00	5.78
Dosis de K (g árbol ⁻¹) (A)			
0	39.80	16.61	42.41
300	38.48	17.76	40.42
600	39.42	18.33	41.42
900	38.32	16.61	42.25
P>F	0.47 ^{NS}	0.19 ^{NS}	0.20 ^{NS}
DMS	2.80	1.90	3.04
Manejo (B)			
Sin anillado	39.07	17.76	41.35
Con anillado	38.65	17.18	41.73
P>F	0.80 ^{NS}	0.32 ^{NS}	0.37 ^{NS}
DMS	1.44	2.02	1.55
A*B			
P>F	0.30 ^{NS}	0.55 ^{NS}	0.80 ^{NS}
C.V	5.29	10.63	5.36

NS = Diferencia estadística no significativa, * = Diferencia estadística, DMS = Diferencia mínima significativa, Tukey (P<0.05). T1= 0 K y sin anillado; T2=300 g K sin anillado; T3= 600 g de K sin anillado; T4= 900 g de K sin anillado; T5= 300 g de K con anillado; T6=600 g de K con anillado y T7= 900 g de K con anillado. Factor A = Dosis de K, Factor B= Práctica de anillado. Todos los tratamientos con potasio, tuvieron una dosis adicional de 660 g N y 240 g de P.

e) Pérdida fisiológica de peso.

El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre tratamientos; la prueba de medias Tukey (Cuadro 16) indica que los tratamientos que registraron

mayor pérdida de peso son T2 y T5, no se observa una tendencia clara en cuanto efecto de dosis de potasio, en la pérdida de peso en los frutos, alcanzado en un periodo entre 9 y 11 días.

Cuadro 16. Pérdida de peso en frutos de litchi cv 'Brewster'

TRAT	% de pérdida de peso
1	35.36 ab
2	38.62 a
3	31.23 b
4	36.07 ab
5	38.63 a
6	33.09 ab
7	37.83 ab
P>F	0.02*
DMS	7.35
Dosis de K (g árbol ⁻¹)	
(A)	
0	35.36 ab
300	38.63 a
600	32.16 b
900	36.95 ab
P>F	0.003*
DMS	5.00
Manejo (B)	
Sin anillado	35.33
Con anillado	36.52
P>F	0.37 ^{ns}
DMS	2.56
A*B	
P>F	0.81 ^{ns}
CV	10.22

NS = Diferencia estadística no significativa; * = Diferencia estadística; DMS = Diferencia mínima significativa, Tukey (P<0.05). T1= 0 K y sin anillado; T2=300 g K sin anillado; T3= 600 g de K sin anillado; T4= 900 g de K sin anillado; T5= 300 g de K con anillado; T6=600 g de K con anillado y T7= 900 g de K con anillado. Todos los tratamientos con potasio, tuvieron una dosis adicional de 660 g N y 240 g de P.

Se correlacionó el % de pérdida de peso, con otras variables como son: peso de cáscara, peso de semilla y peso de pulpa, y quien tuvo mejor correlación fue

peso de cáscara, indicando que entre mayor es el peso de cáscara menor pérdida de peso se da en los frutos (Figura 8, 9 y 10).

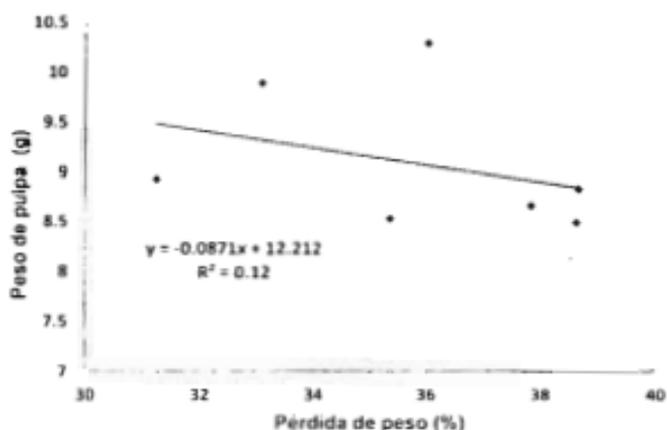


Figura 8 Correlación entre peso de pulpa y pérdida fisiológica de peso en frutos de litchi.

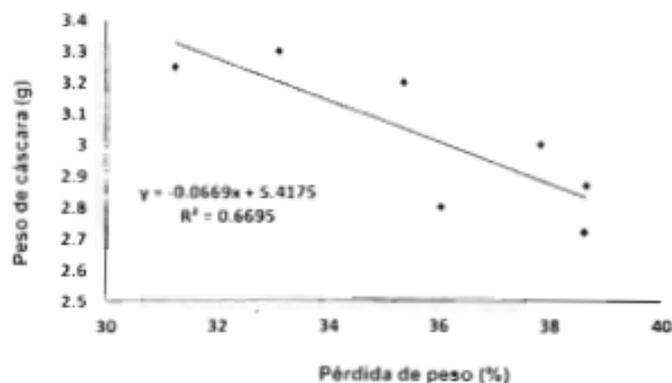


Figura 9 Correlación entre peso de cáscara y pérdida fisiológica en frutos de litchi.

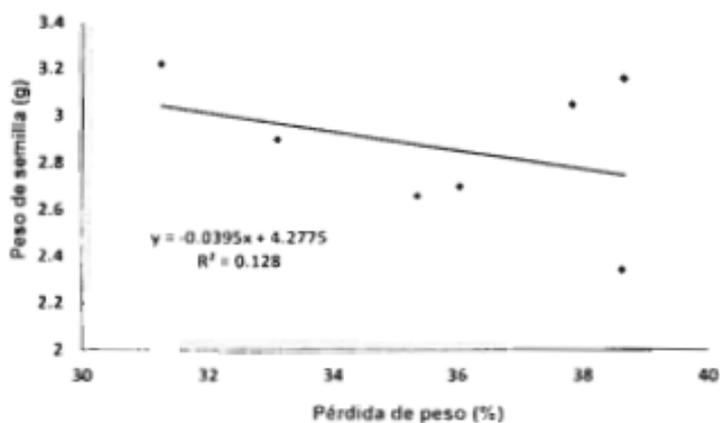


Figura 10 Correlación entre peso de semilla y pérdida fisiológica en frutos de litchi

V. CONCLUSIONES

1. El potasio es un nutrimento que posee alta movilidad una vez que es absorbido por el sistema radicular de la planta en comparación con fósforo, lo anterior se deduce ya que no hubo disminución significativa en las etapas de mayor demanda nutrimental de este cultivo, lo que no se observó con fósforo, aun cuando este nutrimento se aplicó vía fertirriego, la concentración foliar disminuyó en la etapa de mayor demanda, que fue inicio de floración.
2. La práctica de anillado provocó una disminución en la concentración foliar de fósforo, calcio y magnesio, esto es atribuible al incremento en producción de fruto que se tiene en los árboles anillados
3. La dosis de potasio de 900 g árbol^{-1} con la práctica de anillado fue el mejor tratamiento ya que influyó de manera significativa en la producción de fruto (Kg árbol^{-1}), al incrementar en 300 % la producción.
4. El potasio influye significativamente en algunas variables de calidad de fruto como son: longitud de fruto, ancho de fruto, acidez y pH.
5. Las condiciones ambientales del municipio de Tepic, Nayarit permitieron igualar los mejores rendimientos que se obtienen a nivel nacional (11.0 t ha^{-1}), ya que es posible obtener rendimientos de $12.2 \text{ (t ha}^{-1}\text{)}$.

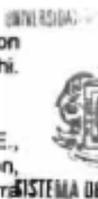
VI. LITERATURA CITADA

- Aburto, G. C. A., Alejo, S.G. y Luna, E. G., 2013. Dinámica de Absorción de potasio en el cultivo de Litchi (*Litchi Chinensis* Soon). Vol. 2. Num. (1) p. 112. Memorias del segundo congreso. Edúcate con Ciencia.
- Aguado, A. L.G., Etchevers, B.J.D., Hidalgo, M.C., Galvis, S.A. and Aguirre, G.A. 2002. Dinámica del potasio en suelos agrícolas. *Agrociencias* 36(1): 11-21
- Aguas, A. A., García Pérez E., Ruiz-Rosado O., Trinidad-Santos A. 2014. Calidad de fruto de litchi (*Litchi chinensis* son) producido en el estado de Veracruz, México. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 37(4): 373-380.
- Aserca-Ciastaam (1996) Mercado mundial de litchi mexicano. http://www.infoaserca.gob.mx/prooflex/LITCHI_MEXICANO.pdf Consultado 19/05/2014.
- Alcántar, G. G. y Sandoval Villa M. (1999). Manual de análisis químico de tejido vegetal. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. Publicación Especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, Estado de México.
- Ariza, R., Cruzaley R., Vázquez E., Barrios A., Alarcón N. 2004. Efecto de las labores culturales en la producción y calidad del limón mexicano de invierno. *Revista Fitotecnia Mexicana* Vol. 27 (1) 73-76.
- Barber, S.A. 1966. The role of root interception, mass flow and diffusion in regulating the uptake of ions by plants from soil. In: Limiting steps in ion uptake by plants from soil. Technical reports series No. 65. FAO. 154 p.
- Barber, S. A., Walker J.M., Vasey E. H. 1963. Mechanisms for movement of plant nutrients from soil and fertilizer to plant root. *J. Agric. Food Chemistry*. 11 (3): 201-207.
- Bello, G.J. 2000. *Ciencia bromatológica principios generales de los alimentos*. Ed. Díaz de santos, S.A. Madrid, España. 581 p
- Benitez, P. D., Hernández-Montoya M., Osuna-Enciso T., Valenzuela-López M., Galván-Piña B. 2003. Muestreo y análisis foliar relacionados con fenología en mango en el sur de Sinaloa, México. *Terra Latinoamericana*, Vol. 21 (2): 273-283.
- Chapman, K.R. (1984). *Tropical fruit cultivar collecting in S E Asia and China*. Queensl. Dep. Primary Ind 123 p.
- Cimo, G., Lo B. R., González P., Bandaranayake W., Etxeberria E., Syvertsen J. P. 2013. Carbohydrate and nutritional responses to stem girdling and drought stress with respect to understanding symptoms of huanglongbing in citrus. *HortScience*. 48 (7): 920-928.

- Çolpan, E., Zengin M., Özbahçe A. 2013. The effects of potassium on the yield and fruit quality components of stick tomato. *Hort. Environment Biotechnol.* 54 (1): 20-28.
- Day K. R. and Dejong T. M. 1990. Girdling of early season 'Mayfire' nectarine trees *Journal of Horticultural Science.* 65 (5): 529-534.
- Diario Oficial de la Federación (DOF) 2000. Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-021-RECNAT-2000. que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreos y análisis. Órgano del Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos. Tomo DLXV-12:6-74.
- Espíndola, B. M.C., Cano M. R., Rodríguez A. J. y Sánchez G. P. 2008. Amarre de fruto en aguacate "Hass" con aplicaciones de AG₃, N y anillado. *Agricultura Técnica en México.* Vol. 34 (4): 407-419.
- FHIA. 2012. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. Manual de muestreo foliar para recomendación de fertilización. Honduras. 53. p
- Galán, S.V. 1987. El litchi y su cultivo. Estudio FAO producción y protección vegetal. 205 p.
- García, E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) Quinta Edición. Offet Laros. México D.F. 246 p.
- GHD. 2013. Horticulture Australia Limited. Export Development Plan 2013-2017. <http://www.horticulture.com.au/librarymanager/lib/203/Lychee%20Export%20Development%20Plan%20Final.pdf> Consultado 11/05/2014.
- Haby, A.V., Russelle, M.P. and Skogly, E.O. 1990. Testing soil for potassium, calcium and magnesium. In: *Soil testing and plant analysis.* Soil Science Society of America. Madison, WI, USA: 181-227.
- Herold, A. 1980. Regulation of photosynthesis by sink activity-the missing link. *The New Phytologist.* 86: 131-144.
- Huang, X.M., Wang H.C., Zhong W.L., Yuan W.Q., Lu J. M., Li J.G. 2008. Spraying calcium is not an effective way to increase structural calcium in litchi pericarp. *Scientia Horticulturae.* 117 (1). 39-44.
- Kader, A.A.1992. *Potharvest Technology of Horticultural Crops.* 2nd. Ed. Publication 3311. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources.
- Koen, T.J. and Smart G. 1983. Fertilization of Litchis. *Citrus Sub-Trop. Fruit Res. Inst.* 11 p.
- Kuchenbuch, R., Claassen N., Jungk A. 1986. Potassium availability in relation to soil moisture. *Plant and soil.* 95: 233-243.

- McFadyen, L., Robertson, D., Sedgley, M., Kristansen P., Olsen, T. 2013. Effects of girdling on fruit abscission, yield and shoot growth in macadamia. *Scientia Horticulturae*. Vol. 164. p. 172-177.
- Mabelo M., Shigeto T., Itaru, K., 1998. The effect of lime girdling on carbohydrate contents and fruiting in Ponkan mandarin (*Citrus reticulata* Blanco). *Scientia Horticulturae*. Vol. 73. p. 203-211.
- Magalhães D. S. C. E., Da C. S. J. O., Da P. Q. C. R., Chamhum S. L. C., Horst B. C. (2009). Raleio de frutos em licheira 'bengal'. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal*. Vol. 31, n. 2, p. 588-592.
- Maldonado, P. R., Trinidad, S.A., Téliz, O. D., Vicente A. V.A., y Volke, H. V. (2012). RESPUESTA DEL LITCHI (*Litchi chinensis* Sonn.) A LA FERTILIZACIÓN CON NPK EN EL NORTE DE OAXACA, MÉXICO. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol. 35 (3): 251-258.
- Marschner, H. (1995). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press, San Diego, 889 p.
- McGuire, R. G. 1992. Reporting of objective color measurement. *HortScience*. 27(12): 1254-1255.
- Medina U. V. M., Zapiain E. G., Robles G. M. M., Pérez Z. O., Orozco S. M. Santos, Williams T., Becerra R. S. (2007). Fenología, eficiencia productiva y calidad de fruta de cultivares de naranjo en el trópico seco de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, vol. 30, núm. 2, abril-junio, 2007, p. 133-143.
- Meléndez, G y Molina, E. 2002. Fertilización foliar: principios y aplicaciones. Memoria del Laboratorio de suelos y foliares. Centro de Investigaciones Agrícolas. Universidad de Costa Rica. 125 p.
- Menzel, C.M. 1984a. Management of bearing Lychee trees in sub-tropical Queensland. *Newsl. Sunshine Coast Subtrop. Fruits Assoc.* 9:20-31.
- Menzel, C.M. 1984b. The pattern and control of reproductive development in lychee: A review. *Scientia Horticulturae*. 22 (4): 333-345.
- Menzel, C. M. 2002. Lychee production in Australia. In: Papademetriou, M. K. and Dent, F.J. (eds) *Lychee Production in the Asia-Pacific Region*. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Bangkok, Thailand. 14-27.
- Menzel, C.M., Carseldine M.L., Haydon G.F., Simpson D.R. 1992. A review of existing and proposed new leaf nutrient standard for lychee. *Scientia Horticulturae* 49: 33-53.
- Menzel, C. M., G. F. Haydon, and D. R. Simpson. 1992. Mineral nutrient reserves in bearing litchi trees (*Litchi chinensis* Sonn.). *J. Hort. Sci.* 67: 149-160.

- Menzel, C.M., G. K. Waite. 2005. Litchi and longan botany, production and uses. CABI Publishing. 297 p.
- Menzel, C.M. y Simpson D.R. 1987a. Lychee Nutrition: A review. *Scientia Horticulturae*. 31:195-224.
- Menzel, C.M. y Simpson D.R. 1987b. Effect of cincturing on growth and flowering of lychee over several seasons in subtropical Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 27(5): 733-738.
- Menzel, Simpson. 1978. Effect of cincturing on growth and flowering of lychee over seasons in subtropical Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture* Vol. 27(5): 733 – 738
- 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, p. 5-13.
- Mitra, S. K. and Ray P. K. 2005. Propagation. In: *Litchi and Longan, botany, production and uses*. (Eds C.M. Menzel and G. K. Waite). p 35.
- Monge, E., J. Val., M. Sanz., A. Blanco and Montañés L. (1994). Calcium as a nutrient for plants. The bitter pit in apple. *An. Estac. Exp. Aula Dei (Zaragoza)* 21(3): 189-201.
- Mota, O. E.M., Ruiz H.A., Alvarez V. V. H., Ferreira P.A., Oliveira C. F., Carreiro A.I.C. 2010. Nutrient supply by mass flow and diffusion to maize plants in response to soil aggregate size and water potential. *R. Brasileira Ciencia do Solo*. 34: 317-327.
- Navarro, B. S. Navarro G. G 2000. *Química Agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal*. Ediciones Mundi-Prensa. México 488 p.
- Neilsen, H.G., Neilsen D., Toivonen P., Herbert L. 2008. Annual Bloom-time phosphorus fertigation affects Soil Phosphorus, Apple tree phosphorus Nutrition, yield and fruit quality. *Hortscience* 43(3): 885-890.
- Nieves-González F*, Alejo-Santiago G, Luna-Esquivel G. 2013. Techniques for the sustainable management of the production of the habanero chili (*Capsicum Chinense* Jacq.). *Revista Bio Ciencia*, 2(3): 98-101.
- Obreza, T.A. 2003. Importance of potassium in a florida citrus nutrition program. *Better Crops*. Vol. 87 (1): 19-22. <http://ucanr.org/sites/nm/files/76669.pdf> consultado 16/03/2015.
- Opazo, J.D., Razeto M. B. 2001. Effects of different potassium fertilizer on foliar content of nutrients, yield and fruit quality in orange trees cv Valencia. *Agricultura Técnica*. Vol 6 (4):



Osuna, E. T., Valenzuela R. G., Muy R. M. D., Gardea B. A. A. y Villarreal R. M. (2008). Expresión del sexo y anatomía floral del litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). Rev. Fitotec. Mex. Vol. 31 (1): 51 - 56.

Pathak, P.K., and Mitra S.K. 2010. Rate and time of potassium fertilization influence yield and quality of litchi. Acta Horticulturae 863: 235-242.

Pathak, P.K., Majumder K., Mitra S.K. 2012. Levels and time of potassium fertilization influence soil and leaf nutrient composition and its relation with yield of litchi. Indian Journal of horticulture. 69 (1): 33-38.

Pérez-Madrid, G., Almaguer-Vargas G., Maldonado-Torres R., Avitia-García E., Castillo-González A.M. 2005. Anillado y ácido giberélico en la producción, calidad del fruto y nivel nutricional en mandarina 'Mónica'. Terra Latinoamericana. Vol. 23 (2): 225-232.

Priestly, C. A. 1976. Some effects of ringing branches on the distribution of dry matter in young apple trees. Journal of Experimental Botany. 27: 1313-1324.

Queiroz, L. J. M., Araujo Q. A., Borges M., Camargos O. R., Soares L.S., Ribeiro C. R. 2013. Influence of phosphate fertilization on phosphorus levels in foliage and tuber yield of the potato cv Ágata. Ciências Agrárias, Londrina. Vol. 34 (2): 649-656.

Quentin, G., Close D.C., Hennen L.M.H.P., Pinkard E.A. 2013. Down-regulation of photosynthesis following girdling, but contrasting effects on fruit set and retention, in two sweet cherry cultivars. Plant physiology and Biochemistry. 73: 359-367.

Ramírez, R. 1991. El uso eficiente de los fertilizantes y el incremento de la productividad Agrícola en Venezuela. Agronomía Tropical 4: 29-33.

Razeto, M. B. y Díaz de Valdez E. (2001). Agricultura Técnica. V. 61 Num. 2. Efecto de la poda de verano y el anillado de corteza en Chirimoyo (*Annona chirimola* Mill.) var. Concha lisa.

Reina, C.C. Rivera y F. Bonilla. 1996. Manejo poscosecha y evaluación de calidad de la guanábana (*Annona muricata* L) que se comercializa en la ciudad de Neiva Universidad Surcolombiana. Facultad de Ingeniería. Programa de ingeniería agrícola. Neiva Colombia. 81 p.

Reza, M.M., Bahadur, M.M., Hasan, M.A., Bari, M.S. and Hafiz, H.R. 2007. Effects of irrigation and fertilization on yield and quality of litchi (*Litchi chinensis* Sonn). Journal of Science Technology (Dinajpur) 5: 52-59.

Rodríguez, S.J. (1993) La fertilización de los cultivos: Un método racional. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía. Santiago, Chile. 291 pp.

SAGARPA 2014. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), con información de las Delegaciones de la SAGARPA.

- Sarin, N.B., U.S. Prasad, M. Kumar y S.M. Jain. 2009. Litchi Breeding for Genetic improvement. Springer Science Business Media. 7:217-245.
- Schaffer, A.A., Liu K.C., Goldschmidt E.E., Boyer C.D., Goren R. 1986. Citrus leaf chlorosis induced by sink removal: starch, nitrogen, and chloroplast ultrastructure. *Journal of Plant Physiology*. 124: 111-121.
- Sivakumar D., Korsten L. 2006. Influence of modified atmosphere packing and postharvest treatments on quality retention of litchi cv 'Mauritius'. *Postharvest Biology and Technology*. 41:135-142.
- Smith, P.F., Walter R., Alston W.S., Hrcioar G. 1954. Effect of diferential nitrogen, potassium and magnesium supply to Young valencia orange tres in sand culture on mineral composition especially of leaves and fibrous roots. *Plant Physiology* 29 (4): 349-355.
- Suarez, G.G. 2011. Extracción de nutrientes por cosecha del cultivo de naranja (*Citrus sinencis*) variedad valencia en condiciones del valle del Cauca. Trabajo de grado para obtener el título de Magister en Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Colombia.
- Terry, N. and Ulrich A. 1973. Effects of Potassium Deficiency on the Photosynthesis and Respiration of Leaves of Sugar Beet *Plant Physiology*. 5
- Valle, G., Alonso A. y Alia I. 2008. Atmósfera con bajo O₂ y alto CO₂ para la conservación de frutos de litchi. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 31. 157-164
- White, P. J. 2015. Calcium. In: *Handbook of Plant Nutrition*. Second Edition. Edited by Barker A. V. and Pilbeam D. J. CRC Press. p. 7-47
- Wang, J.B., X.S. Wang y Z. Q. Jin. 2010. Enzymatic browning of postharvest litchi: a review. *Acta Hort*. 863: 613-614.
- Wortmann, S. CH. 2014. Nutrient management for agronomic crops in Nebraska. Editor Shaver M.T. 149 p.
- Yi, W. and Wei-Hua W. 2013. Potassium transport and signaling in Higher plants. *Annual Review of Plant Biology* 64 451-476.
- Young, T. W. 1956. Response of lychees to girdling. *Florida Agricultural Experiment Station Journal*. Series Number 539
- Zeng, Q., Brown P.H. 2000. Soil potassium mobility and uptake by corn under differential soil moisture regimes. *Plant and soil* 221: 121-134.