



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT**  
**POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO**  
**AGROPECUARIAS**

Nutrición de limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka) mediante el enfoque  
de balance nutrimental

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRO EN CIENCIAS.

PRESENTA:

BERTHA ALICIA LÓPEZ BUENO

Xalisco, Nayarit; noviembre del 2018



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT  
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS

Xalisco, Nayarit; 06 de noviembre del 2018.

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

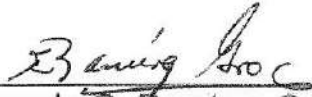
Los que suscribimos, integrantes del consejo Tutorial de la alumna Ing. Bertha Alicia López Bueno, declaramos que hemos revisado la tesis titulada "**Nutrición de limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka) mediante el enfoque de balance nutrimental**" y determinamos que la tesis puede ser presentada por la alumna para aspirar al grado de Maestría en Ciencias Biológicas Agropecuarias con opción terminal en Ciencias Agrícolas.

ATENTAMENTE  
EL CONSEJO TUTORIAL

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Gelacio Alejo Santiago  
Director

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Ana María Castillo González  
Co-directora

  
\_\_\_\_\_  
M.C. Circe Aldin Aburto González  
Asesora

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Leobarda G. Ramírez Guerrero  
Asesora

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Graciela G. López Guzmán  
Asesora



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT**  
**POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS**

CBAP/245/18.

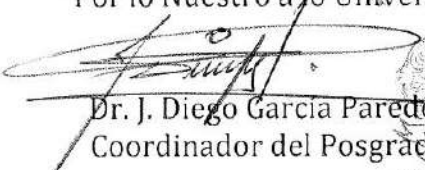
Xalisco, Nayarit; 27 de noviembre de 2018.

**ING. JOSÉ ERNESTO VILLANUEVA TREJO**  
**DIRECTOR DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR**  
**P R E S E N T E.**

Con base al oficio de fecha 06 de noviembre del presente, enviado por los CC. **Dr. Gelacio Alejo Santiago, Dra. Ana María Castillo González, M.C. Circe Aidín Aburto González, Dra. Leobarda Guadalupe Ramírez Guerrero y Dra. Graciela Guadalupe López Guzmán**, 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 Ing. **Bertha Alicia López Bueno**, 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. J. Diego Garcia Paredes  
Coordinador del Posgrado

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT  
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS

C.c.p.- Expediente

&jas

## **AGRADECIMIENTOS**

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

Al consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

Dr. Gelasio Alejo Santiago, por su buen trabajo de dirección, su entrega y dedicación. Por la paciencia que me tuvo en el tiempo de la investigación, su insistencia para la conclusión de este proyecto, sus regaños y consejos.

M. C. Circe Aidin Aburto Gonzáles, por ser parte importante en esta investigación, por compartir conmigo sus conocimientos, el tiempo invertido en campo, laboratorio, sus consejos para mejorar cada día mas tanto profesionalmente como persona y además por brindarme su amistad.

Dra. Ana María Castillo Gonzáles, por ser parte de esta investigación, su apoyo en mi estancia en Chapingo, compartir conmigo sus conocimientos y todas las aportaciones que realizó a la investigación.

Dra. Leobarda Guadalupe Ramírez Guerrero, por sus excelentes aportaciones y consejos en la parte de estadística.

Dra. Graciela Guadalupe López Guzmán, por sus aportaciones y consejos para la parte de calidad.

M.C. Fredy Nieves González, gracias por sus consejos, recomendaciones en campo y en el área de estadística y además de su buena amistad.

Universidad Autónoma De Chapingo, a sus docentes que compartieron sus conocimientos para mi formación.

Mis compañeros, amigos y ahora maestros en ciencias Wilberto Artemio Hernandez Rosales, Tabita Queren Perez Y Betsabe Diego, por toda su amistad brindada en mi estancia en Chapingo, gracias por todos los momentos significativos y bonitos que pasamos juntos.

Ing. Juan Pedro Hernández Murguía, por su apoyo, consejos y amistad incondicional.

Ing. Gilberto Luna Fonseca, por su incondicional amistad, sus aportaciones para la redacción de la tesis y sus regaños que ayudaron para la conclusión de la investigación.

Mis Betys por todo su apoyo y palabras de alientos en los momentos más difíciles durante este proyecto.

## DEDICATORIA

A Dios (Jehova) por darme la fortaleza, paciencia y la salud para culminar este proyecto de vida, además permitirme vivir esta bonita experiencia con las personas que me aprecian y con las que me permitió conocer.

A mis padres Alberto López Figueroa y Alicia Bueno Galaviz, por todo su apoyo incondicional en cada uno de mis proyectos de vida, su ayuda en campo, además por sus palabras de aliento en los momentos más difíciles de este y cada uno de mis proyectos. Gracias por sus regaños, los cuales sirvieron para mi formación como persona y el enseñarme en jamás rendirme hasta conseguir lo que me proponga.

Mis hermanos Tania Mariela López Bueno y Luis Alberto López Bueno, por su apoyo en este proyecto de mi vida.

Edwin y Henri, mis gordos traviesos, que con sus travesuras y cariño me dieron fuerza en esos días difíciles.

+ Ramiro López Delgado, de donde se encuentre me ha mandado la fortaleza.

## INDICE

ÍNDICE DE CUADROS

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMEN

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Objetivo general	2
1.1.1.	Objetivo Específico	2
1.2.	Hipótesis	3
II	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1.	Origen del limón Persa ( <i>Citrus latifolia</i> ).	3
2.2.	Importancia	3
2.2.1	Mundial	3
2.2.2	Nacional	4
2.2.3	Importancia en Nayarit	4
2.3	Problemática nacional.	5
2.4	Enfoques para generación de dosis de fertilización.	5
2.5	Nutrición.	7
2.5.1	Importancia de la nutrición.	7
2.5.2	Importancia de los nutrimentos.	7
2.5.2.1	Nitrógeno	7
2.5.2.2	Fósforo	8
2.5.2.3	Potasio	8

2.5.2.4	Calcio	8
2.5.2.5	Magnesio	9
2.6	Variación nutrimental	9
2.7	Etapas críticas de demanda nutrimental	9
2.8.	Calidad del fruto de limón persa	10
2.8.1	Tamaño y peso	11
2.8.2	Color	12
2.8.3	Sólidos solubles totales (°Brix)	13
2.9	Tipos de brotes en el limón	13
2.10	Temperatura y floración	14
III	MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1	Localización del sitio experimental	15
3.2	Material vegetal y diseño experimental	15
3.3	Clima	15
3.4	Suelo	15
3.5	Muestreo foliar y determinación de los nutrimentos	16
3.6	Estimación de la demanda (DEM)	17
3.7	Estimación del suministro	18
3.8	Eficiencia de recuperación de fertilizante (ERF)	19
3.9	Tratamientos	19
3.10.	Manejo de fertilización	19
3.11.	Control de plagas y enfermedades	20
3.12	Variables	20
3.12.1	Concentración nutrimental foliar	20



3.12.2	Variación nutrimental foliar estacional	20
3.12.3	Producción de Fruto (Kg árbol <sup>-1</sup> )	20
3.12.4	Parámetros de calidad del fruto	21
3.12.4.1	Tamaño y peso	21
3.12.4.2	Sólidos Solubles Totales	21
3.12.4.3	Color	21
3.12.5	Cuantificación de brotes (reproductivos, vegetativos y mixtos)	21
3.13.	diseño experimental	22
3.14.	Diseño experimental	22
IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
4.1	Análisis del suelo	23
4.2	Concentración nutrimental foliar	23
4.2.1	Concentración de nitrógeno	23
4.2.2	Concentración de fósforo	25
4.2.3	Concentración de potasio	27
4.2.4	Concentración de Calcio	28
4.2.5	Concentración de Magnesio	30
4.3	Variación nutrimental foliar estacional	31
4.3.1	Nitrógeno	32
4.3.2	Fósforo	33
4.3.3	Potasio	34
4.3.4	Calcio	35

4.3.5	Magnesio	36
5.1	Producción de fruto	37
6.1	Parámetros de calidad	3899
6.1.1	Peso del fruto.	38
6.1.2	Diámetro y longitud del fruto	39
6.1.3	Cantidad de jugo	41
6.1.4	Sólidos Solubles Totales (°Brix)	43
6.1.5	Color	44
7.1	Relación del número de brotes vegetativos y reproductivos con las temperaturas máximas y mínimas de los meses evaluados en los tratamientos.	45
7.1.1	Sin fertilización (Testigo)	45
7.1.2	Dosis del 50 %	46
7.1.3	Tratamiento de referencia 100 %.	47
7.1.4	Tratamiento del 150 %.	47
8.1	Discusión de número de brotes por efecto de tratamientos y la relación con las temperaturas.	48
V	CONCLUSIONES	49
VI	LITERATURA CITADA	50

## Índice de cuadros

Cuadro	Título	Pág.
1	Dosis de fertilizantes para árboles de limón persa en desarrollo y números de aplicaciones por año recomendado por Curtis et al. (2000) en el estado de Veracruz	6
2	Técnicas utilizadas en el análisis físico-químico del suelo en La Labor municipio de Santa María del Oro, México.	16
3	Técnicas utilizadas en las determinaciones nutrimentales en las muestras foliares de limón Persa.	17
4	Técnicas utilizadas en las determinaciones nutrimentales en las muestras foliares de limón Persa	19
5	Características físico-químicas del suelo de la huerta ubicada en La Labor municipio de Santa María del Oro, Nayarit. México	23
6	Concentración de nitrógeno en tejido foliar de limón Persa ( <i>Citrus latifolia</i> Tanaka) establecido en el huerto del ejido La Labor, Nayarit. México.	24
7	Concentración de fósforo en tejido foliar de limón Persa ( <i>Citrus latifolia</i> Tanaka) establecido en el huerto del ejido La Labor, Nayarit. México	26
8	Concentración de potasio en tejido foliar de limón Persa ( <i>Citrus latifolia</i> Tanaka) establecido en el huerto del ejido La Labor, Nayarit. México.	28
9	Concentración de calcio en tejido foliar de limón Persa ( <i>Citrus latifolia</i> Tanaka) establecido en el huerto del ejido La Labor, Nayarit. México.	29

10	Concentración de magnesio en tejido foliar de limón Persa ( <i>Citrus latifolia</i> Tanaka) establecido en el huerto del ejido La Labor, Nayarit. México	31
11	Peso del fruto de limón Persa ( <i>Citrus latifolia</i> Tanaka) de las cosechas del huerto del ejido La Labor, Nayarit. México.	39
12	Diámetro ecuatorial del fruto de limón Persa ( <i>Citrus latifolia</i> Tanaka) de las diferentes fechas de cosechas del huerto del ejido La Labor, Nayarit .México.	40
13	Diámetro longitudinal del fruto de limón Persa ( <i>Citrus latifolia</i> Tanaka) de las diferentes fechas de cosechas del huerto del ejido La Labor, Nayarit .México.	41
14	Cantidad de jugo extraído de los fruto de limón Persa ( <i>Citrus latifolia</i> Tanaka) de las diferentes fechas cosechas del huerto del ejido La Labor, Nayarit .México	42
15	Sólidos Solubles Totales de los fruto de limón Persa ( <i>Citrus latifolia</i> Tanaka) de las diferentes fechas cosechas del huerto del ejido La Labor, Nayarit .México	43
16	Color de los fruto de limón Persa ( <i>Citrus latifolia</i> Tanaka) de las diferentes fechas cosechas del huerto del ejido La Labor, Nayarit .México	44

## Índice de figuras

<b>Figura</b>	<b>Título</b>	<b>Pág.</b>
1	Variación estacional de la concentración de nitrógeno foliar en los meses evaluados en el huerto de limón Persa ( <i>Citrus latifolia</i> Tanaka) del ejido de La labor; Nayarit, México. . Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey $\leq$ 0.05).	33
2	Variación estacional de la concentración de fósforo foliar en los meses evaluados en el huerto de limón Persa ( <i>Citrus latifolia</i> Tanaka) del ejido de La labor; Nayarit. . Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey $\leq$ 0.05).	34
3	Variación estacional de la concentración de potasio foliar en los meses evaluados en el huerto de limón Persa ( <i>Citrus latifolia</i> Tanaka) del ejido de La labor; Nayarit. . Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey $\leq$ 0.05).	35
4	Variación estacional de la concentración de calcio foliar en los meses evaluados en el huerto de limón Persa ( <i>Citrus latifolia</i> Tanaka) del ejido de La labor; Nayarit. . Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey $\leq$ 0.05).	36
5	Variación estacional de la concentración de magnesio foliar en los meses evaluados en el huerto de limón Persa ( <i>Citrus latifolia</i> Tanaka) del ejido de La labor; Nayarit. . Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey $\leq$ 0.05).	37
6	Rendimiento acumulado por árbol de limón Persa ( <i>Citrus latifolia</i> Tanaka), del mes de julio del 2016 a septiembre del 2017 en el huerto del ejido La Labor, Nayarit. México	38

7	Relación de las temperaturas mínimas y máximas de los meses evaluados con el número de brotes vegetativos y reproductivos de limón Persa ( <i>Citrus latifolia</i> Tanaka), en el huerto del ejido de La labor; Nayarit; en el tratamiento testigo.	45
8	Relación de las temperaturas mínimas y máximas mensuales con el número de brotes vegetativos y reproductivos de limón Persa ( <i>Citrus latifolia</i> Tanaka), en el huerto del ejido de La labor; Nayarit; en el tratamiento con 50% de la fertilización.	46
9	Relación de las temperaturas mínimas y máximas mensuales con el número de brotes vegetativos y reproductivos de limón Persa ( <i>Citrus latifolia</i> Tanaka), en el huerto del ejido de La labor; Nayarit; en el tratamiento con 100% de la fertilización.	47
10	Relación de las temperaturas mínimas y máximas mensuales con el número de brotes vegetativos y reproductivos de limón Persa ( <i>Citrus latifolia</i> Tanaka), en el huerto del ejido de La labor; Nayarit; en el tratamiento con 150% de la fertilización	48

## **Nutrición de limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka) mediante el enfoque de balance nutrimental.**

Bertha Alicia López Bueno. Maestría en Ciencias Biológico Agropecuarias.

### **RESUMEN**

México es el segundo productor mundial de limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka). Entre los problemas que presenta el cultivo están el bajo rendimiento y de la calidad del fruto. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la dosis de fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio, generada con el enfoque del balance nutrimental en el rendimiento y calidad del fruto. La investigación se estableció en el ejido de La Labor, en el municipio de Santa María del Oro, Nayarit, México. El diseño experimental fue en bloques al azar con siete repeticiones y cuatro tratamientos, la unidad experimental fue un árbol. Se utilizaron árboles de *Citrus latifolia* Tanaka con una edad de 11 años injertados sobre *Citrus volkameriana*. Se evaluaron tres dosis de fertilización (T1, T2 Y T3): (N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O) Kg ha<sup>-1</sup> de 46:44:33; 93:86:66; 139:129:99. Se evaluó: rendimiento (t ha<sup>-1</sup>), tamaño y peso del fruto, color y sólidos solubles totales, volumen de jugo; presencia de brotes vegetativos, reproductivos y mixtos. Se encontró efecto de los tratamientos en: el rendimiento (t ha<sup>-1</sup>), peso del fruto, diámetro y longitud del fruto, volumen de jugo. Se concluyó que la dosis de fertilización generada con el enfoque de balance nutrimental, abastece la necesidad nutrimental del cultivo. La calidad de fruto no se afecta con la dosis que se genera con este enfoque de fertilización y la dosis del T2 Y T3 de la fertilización, presentaron mayor número de brotes vegetativos, posiblemente por la mayor cantidad de nitrógeno.

## I. INTRODUCCIÓN

El limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka), limón sin semilla o lima Tahiti, ha adquirido una enorme importancia económica durante los últimos 20 años en México, el cual es reconocido como el segundo país productor en el mundo (Díaz *et al.*, 2013). Dentro de los cítricos ocupa el segundo lugar en importancia tanto por su consumo en fresco como por su uso industrial. Está considerado como uno de los alimentos con mayor aporte de vitamina C (Díaz *et al.*, 2013).

Herbert (2010) indica que es importante el cultivo del limón Persa en la generación de empleos y divisas, de tal forma que en 2007 se derivaron más de 32,000 empleos directos 92,000 indirectos y el valor de las exportaciones fue de 172.9 millones de dólares.

El volumen de producción mundial se estima en 13 211,406 t destacando en orden descendente siete países que se posicionan como los mayores productores: India, México, Argentina, China, Brasil, Estado Unidos y Turquía. México cuenta con una superficie sembrada de 198,310 ha, con una producción de 2, 520,797 t. y un rendimiento de 14.68 t ha<sup>-1</sup> (SIAP- SAGARPA, 2017).

En México, los estados que poseen los rendimientos más altos en el país son: San Luis Potosí (25.68 t ha<sup>-1</sup>), Nuevo León (25 t ha<sup>-1</sup>), Tamaulipas (24.65 t ha<sup>-1</sup>) y Quintana Roo (19.14 t ha<sup>-1</sup>). En el caso de Nayarit en el año 2017 se tuvo un rendimiento de 9.17 t ha<sup>-1</sup> muy por debajo de los rendimientos promedio de los principales estados productores (SIAP-SAGARPA, 2017).

En un sistema de producción agrícola, la nutrición es uno de los factores controlables, que permiten impactar en el rendimiento mediante el establecimiento de programas de nutrición que satisfagan las necesidades nutricionales del cultivo, que considere la necesidad nutricional a través de las etapas fenológicas, ya que las necesidades de las plantas varían conforme crecen y se desarrollan sus órganos (Alejo *et al.*, 2015)



En el caso de los cultivos perennes, como lo es el cultivo de limón, cuando ya se encuentra en producción las etapas fenológicas se vuelven cíclicas e inclusive se traslapan, por lo que, resulta importante identificar los momentos críticos de demanda nutrimental de estos cultivos en función de tales etapas, con ello se puede precisar el programa de nutrición en este cultivo.

La fertilización en limón se ha planteado a partir de un enfoque basado en la edad del árbol (Curtí *et al.*, 2000); sin embargo, este planteamiento no considera que se puede tener árboles de diferentes edades con un mismo volumen de copa, sobre todo si son manejados con poda de control de crecimiento, por lo tanto, falta la generación de un programa de nutrición enfocado al modelo de balance nutrimental propuesto por Rodríguez (1993), quien establece que se debe considerar el aporte nutrimental del suelo, la meta de rendimiento y la eficiencia de recuperación de fertilizantes, lo anterior debido a que la demanda nutrimental depende más del volumen de copa, que de la edad del árbol.

Por todo lo mencionado anteriormente, en esta investigación se plantearon los objetivos e hipótesis siguientes.

## **Objetivo General**

Generar una dosis de fertilización con el enfoque de balance nutrimental para el cultivo de limón y evaluar su efecto en la producción de fruto en el ejido de La Labor, del municipio de Santa María del Oro, Nayarit. México.

### **1.2 Objetivos específicos**

Cuantificar el efecto de la dosis de fertilización generada con el enfoque de balance nutrimental en producción y calidad de fruto.

Determinar las variaciones en concentración nutrimental foliar de N, P, K, Ca y Mg en el cultivo de limón Persa.

Identificar y cuantificar el tipo de brotes que presenta el limón Persa mensualmente durante un año.

### **1.3. Hipótesis**

La dosis de fertilización calculada con el modelo de balance nutrimental satisface las necesidades de nutrimentos del cultivo de limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka).

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Origen del limón Persa (*Citrus latifolia*).**

Se cree que es originario de Asia, aparentemente esta variedad se originó en plantíos provenientes de Tahití, de ahí su nombre de lima Tahití. (González, 2011).

### **2.2. Importancia.**

#### **2.2.1. Mundial**

Según la FAO en el 2011, la producción mundial de limones y lima en el año, fue de 10.9 millones de toneladas, los principales productores fueron México (14 %), India (13 %), Argentina (11 %), España (9 %), Estados Unidos (8 %), Irán (8 %) e Italia (5 %).

### **2.2.2. Nacional.**

En México la citricultura es una de las actividades más importantes dentro del sector agrícola, se cuenta con una superficie sembrada de 198,310 ha, de las cuales 154, 803, 27 ha es superficie cosechada, se estima una producción de 2 520,797 t. y un rendimiento promedio de 14.68 t ha<sup>-1</sup> (SIAP-SAGARPA, 2017).

Los estados con mayor superficie sembrada y producción de limón en el país son: Michoacán con 60,728.00 has, una producción de 711,181 t; Veracruz con 47,951 has, 661,733 t de producción; Oaxaca cuenta con 20,982.00 has sembradas y 247,581 t de producción; Colima con 19,056 has y una producción de 242,400 t (SIAP-SAGARPA, 2017).

En cuanto al rendimiento los estados que están por encima del rendimiento nacional y a pesar de su poca superficie sembrada son: San Luis potosí con 25.68 t ha<sup>-1</sup>, Nuevo León 25.00 t ha<sup>-1</sup>, Tamaulipas 24.65 t ha<sup>-1</sup> y Quintana Roo con 19.14 t ha<sup>-1</sup> (SIAP-SAGARPA, 2017).

### **2.2.3. Importancia en Nayarit.**

El estado cuenta con una superficie establecida con limón Persa de 2,521 ha, una producción de 21,920 t y un rendimiento de 9.17 t ha<sup>-1</sup> (SIAP-SAGARPA, 2017). Los principales municipios productores de esta fruta en el estado son: Tepic con 8,414 t, Ahuacatlán 3,260 t, Xalisco 2,282 t, San Blas 1,605 t y Santa María del Oro produce 1,501 t. Los rendimientos más altos lo tienen los municipios de Ixtlán del Río 16.20 t ha<sup>-1</sup>, Amatlán de Cañas 15.90 t ha<sup>-1</sup>, Ahuacatlán 15.90 t ha<sup>-1</sup> y Santa María del Oro con 15.80 t ha<sup>-1</sup> (SIAP-SAGARPA, 2017).

### **2.3. Problemática nacional.**

En rendimiento de limón Persa en varios estados se encuentra por debajo de la media nacional, lo cual representa un problema por la baja rentabilidad del cultivo, el otro problema es la estacionalidad de la producción; en el caso de bajo rendimiento, la nutrición también está reconocida como un factor determinante en las zonas productoras de este frutal, para un desarrollo sano y vigoroso que permita obtener una producción con la calidad que demanda el mercado, ya que es necesario que los árboles dispongan de todos los nutrientes y que la velocidad de suministro de cada uno de ellos sea igual a su demanda de ahí la importancia de realizar investigaciones al respecto dada su importancia a nivel nacional, estatal y regional (Dorado *et al.*, 2015).

Maldonado *et al.* (2008) Señalan que no existen resultados experimentales que permitan precisar las dosis y épocas de aplicación de fertilizantes que consideren la demanda, el estado nutrimental del cultivo y el suministro de nutrientes que corresponda al tipo de suelo, por esta razón, los productores de limón normalmente adoptan las prácticas de producción utilizados para naranja, incluyendo los programas de fertilización (Quagio *et al.*, 2002).

### **2.4. Enfoques para la generación de dosis de fertilización.**

Se reconocen dos enfoques para la recomendación de fertilización: el primero plantea que la cantidad de fertilizante que requiere el cultivo, está en función de su edad de establecimiento; el segundo considera que la recomendación se tiene que realizar tomando en cuenta la demanda del cultivo, el aporte nutrimental del suelo y la eficiencia de recuperación de fertilizante.

Para establecer racionalmente las necesidades nutrimentales de los huertos de cítricos y decidir acerca de los fertilizantes que deben aplicarse, es necesario conocer el estado nutrimental de los árboles y del suelo. La idea de diagnosticar el estado nutrimental de los huertos es para conocer las concentraciones de los elementos esenciales que pudiesen estar en deficiencia y, por este hecho, limitar la posibilidad de alcanzar los rendimientos máximos posibles (Maldonado *et al.*, 2001).

Palma *et al.* (2002) señalan que la aplicación de modelos permitirá calcular las dosis para diferentes condiciones agroecológicas dentro de un rango de variación. Curti, *et al.* (2000) Propone una dosis de fertilización para limón Persa en el Golfo y centro del país de acuerdo a los productores que obtienen mayor rendimiento y calidad de fruto (Cuadro 1), la fórmula es: 1500 gr de N, 500 gr de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 750 g K<sub>2</sub>O, por árbol año<sup>-1</sup> uno de los enfoques propuestos se basa en un modelo conceptual que permite estimar la dosis de fertilización requerida por los cultivos. Las bases del modelo indican que para alcanzar un rendimiento en cierta condición agroecológica, se debe satisfacer un balance entre la demanda del nutrimento por el cultivo (DEM) y el suministro que hace de éste el suelo (SUM) y por la eficiencia de recuperación del fertilizante por el cultivo (ERF). La fórmula para calcular la dosis de fertilización (DF), se resume en la ecuación siguiente (Rodríguez, 1993):

$$DF = \frac{(DEM - SUM)}{ERF}$$

**Cuadro 1.** Dosis de fertilizantes para árboles de limón persa en desarrollo y números de aplicaciones por año recomendado por Curtis et al. (2000) en el estado de Veracruz.

Edad de los árboles por año	Número de aplicaciones	(g árbol año <sup>-1</sup> ).		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	4	80	20	0
2	4	120	20	32
3	4	140	32	40
4	4	200	40	80
5	4	500	160	240
6	4	900	300	440
7	4	1040	360	520
8	4	1200	400	600
9	4	1500	500	750

## **2.5. Nutrición.**

### **2.5.1. Importancia de la nutrición.**

Los elementos minerales requeridos por los cítricos para alcanzar un estado nutrimental y rendimientos adecuados proceden de la fracción inorgánica del suelo o de la descomposición de la materia orgánica que se mineraliza, y cuando el aporte del suelo es deficiente se debe compensar mediante la aplicación de productos fertilizantes. Los nutrimentos suministrados por las distintas fuentes de fertilizantes pueden dividirse en macronutrimentos (N, P, K, Ca y Mg) y micronutrimentos (Fe, Cu, Mn, Zn, B, Mo), estos son elementos necesarios, actúan mejorando la productividad de las plantas, principalmente en lo referente a calidad y cantidad de los productos a cosechar (Rodríguez *et al.*, 2006).

Maldonado *et al.* (2008) Mencionan que se extraen las siguientes cantidades de macronutrimentos por cada tonelada de fruta de limón mexicano producida: 1.86 kg de N; 0.17 kg de P; 2.25 kg de K; 1.05 kg de Ca; 0.13 kg de Mg, mientras que de micronutrimentos son: 1.34 g de S; 1.34 g de Mn; 4.47 g de Fe; 2.82 g de Zn; 3.44 g de Cu y 3.3 g de B.

Contreras *et al.* (2007) indicaron que la extracción de nutrimentos (expresada en g·t<sup>-1</sup> de fruta fresca) para cítricos fue: N 1906, P 173, K 1513, Ca 526, Mg 127, S 137, B 2.2, Cl 24.7, Fe 6.6, Mn 2.8, Mo 0.008, Zn 0.9, Na 43.5 y Al 7.6.

### **2.5.2. Importancia de los nutrimentos.**

Los efectos nutricionales dependen de la influencia que ejerce cada nutriente en particular sobre los procesos bioquímicos y fisiológicos de la planta.

#### **2.5.2.1. Nitrógeno**

El N es el elemento mineral requerido por los cítricos en cantidades más elevadas y, por lo tanto, constituye la base de los programas de fertilización. Es uno de los componentes

estructurales de ácidos nucleicos, proteínas y clorofila; influye directamente sobre área foliar, morfología de las hojas, eficiencia fotosintética e intercede en la utilización de la energía de la luz solar para la formación de azúcares. La adición de N tiene gran incidencia en el crecimiento vegetativo de las plantas y también una influencia considerable sobre la calidad de los frutos (Alayón *et al.*, 2014).

#### **2.5.2.2. Fósforo**

El P es un elemento móvil en la planta y se incorpora de forma rápida al metabolismo de los carbohidratos, grasas, proteínas y transporte de energía en la fotosíntesis, respiración y asimilación del N (Maldonado *et al.*, 2001). Está involucrado en la síntesis de ATP, en procesos de absorción activa de nutrientes y en la síntesis y transporte de carbohidratos. Desempeña un importante número de funciones en las plantas, contribuye en mayor producción y mejora la calidad de la fruta (Alayón *et al.*, 2014).

#### **2.5.2.3. Potasio**

El K participa en numerosas funciones fisiológicas básicas, tales como el metabolismo de azúcares, la síntesis de proteínas, la división celular normal y crecimiento y la neutralización de los ácidos orgánicos (Alayón *et al.*, 2014).

El K ocupa una posición destacada en el tratamiento nutricional de cítricos debido a su gran efecto en el tamaño del fruto, en los mandarinos, este efecto es aún más importante cuando las plantas poseen deficiencia de K ya que producen frutos de tamaño pequeño, lo que le resta valor comercial (Mattos *et al.*, 2005).

#### **2.5.2.4. Calcio.**

El Calcio al igual que el magnesio es un macronutriente secundario, su deficiencia se observa en menor frecuencia en comparación con los nutrientes primarios (nitrógeno,

fósforo y potasio) (Sadeghian *et al.*, 2013). Es de gran importancia para la constitución de la membrana de la célula, se encuentra estrechamente relacionado con la actividad meristemática, tiene gran influencia en la regulación del sistema enzimático, aumenta la resistencia de los tejidos a patógenos, en cuanto a fruto este elemento incrementa la vida útil pos cosecha y la calidad nutricional (Yfran *et al.*, 2017).

#### **2.5.2.5. Magnesio.**

El magnesio juega un papel muy importante en la planta, es el átomo central de la clorofila, además este nutrimento participa en la reacción de la carboxylasa, como una coenzima en la fijación de CO<sub>2</sub>, está involucrado en la regulación de aniones-cationes, este catión es el responsable de la regulación del pH y de la turgencia de las células de las plantas (Roos, 2004). Este catión tiene gran movilidad en los tejidos foliares de los cítricos, fácilmente se transloca entre tejidos, hojas viejas a hojas nuevas, por ello, los síntomas de deficiencia se presentan en las hojas viejas (Legas *et al.*, 2008).

#### **2.6. Variación nutrimental.**

El análisis foliar se utiliza como una herramienta para determinar el progreso de los programas de fertilización y nutrimentos en plantas. Dicho análisis debe de reflejar la magnitud de los cambios de en la actividad fisiológica en las plantas, de acuerdo a la fertilización, dicha magnitud debe de ser constante en la planta.(Boniche *et al.*, 2008).

#### **2.7. Etapas críticas de demanda nutrimental**

En los cultivos perennes como el limón existen momentos críticos de demanda nutrimental, los cuales se ven reflejados en una disminución de la concentración en el tejido foliar, esto está directamente relacionado con las etapas fenológica del cultivo, principalmente con inicio de floración y fructificación. En el limón se presenta traslape de



etapas fenológicas; sin embargo, hay momentos en los que se intensifican estas etapas y ello implica un mayor desgaste nutrimental.

La absorción de nutrimentos es un fenómeno que ocurre día a día y, en cada proceso metabólico de la planta requiere nutrimentos cualitativa y cuantitativamente diferentes (Azofeifa y Moreira, 2005). La cantidad de nutrimento requerido por las plantas varía de acuerdo con las características del cultivo (especie, variedad, nivel de producción), los factores climáticos (humedad y temperatura), las propiedades del suelo y el manejo cultural. Es necesario determinar, a través de la experimentación, la respuesta de los cultivos al suministro de nutrientes y en ocasiones, para ajustar los planes de fertilización (Sadeghian, *et al.* 2006).

Evaluar la demanda total de las plantas y su dinámica de absorción es importante para determinar los planes de fertilización que permitan la sincronización entre el abastecimiento y la demanda del cultivo (Avitia *et al.* 2014).

## **2.8. Calidad de fruto de limón Persa.**

La calidad es una combinación de 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 *et al.* 1996). Los parámetros más importantes para los productores de limón Persa, empaques y procesadores son: contenido de jugo, sólidos solubles, acidez, tamaño de fruto y color, aunque la importancia que se le da a cada uno depende del destino de la fruta, ya sea como producto fresco o procesado (Zekri *et al.* 2003).

Entre los minerales que impactan en la calidad de fruto en cítricos se encuentran, en orden descendente: potasio, nitrógeno, fósforo, magnesio, cobre y boro (Zekri *et al.*, 2003). Al presentarse problemas nutricionales en los cítricos, afecta la calidad de estos, como en el caso de la deficiencia de cobre disminuye el tamaño del fruto (Torres *et al.*, 2009).

### 2.8.1 Tamaño y peso.

En el tamaño de fruto de limón se manejan dos diámetros transversales, se considera fruto grande aquel que rebase un diámetro transversal de 5.3 cm. es dirigido principalmente a mercado nacional (Supermercados) y pequeño es el fruto que tiene un diámetro alrededor de 4.8 cm. destinado a mercado local (personas intermediarias).

Las calidades de limón que se manejan son:

Primera calidad: Este tipo de limón es el que se destina para la exportación, ya sea para Europa o Estados Unidos, siendo las normas de calidad las siguientes:

Mercado europeo:

- Limón de coloración verde.
- Tamaño mediano (5 cm de diámetro).
- Libre de plagas y enfermedades o cualquier otro daño.
- Que no esté manchado.
- Que no haya alcanzado su madurez fisiológica.

Mercado EUA:

- Limón de coloración verde.
- Tamaño de mediano a grande (> de 5 cm de diámetro).
- Libre de plagas y enfermedades o cualquier otro daño.
- Que no haya alcanzado su madurez fisiológica.
- Que no esté manchado.

Segunda calidad: Es el limón que se destina para mercado local, en las tiendas de centros comerciales de importancia. Las normas de calidad son menos exigentes que las de exportación siendo estas:

- Tamaño mayor de 5 cm de diámetro.
- 3/4 partes limón verde
- Libre de daños
- No muy maduro

Tercera calidad:

Es el limón que se envía para mercado local, y el único requisito es que no tenga daños mecánicos ni un diámetro menor a 4 cm.

### **2.8.2 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, brillo y saturación (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. La saturación describe lo llamativo o lo apagado de un color, es decir qué tan cerca está el color al gris o al matiz puro. La intensidad lumínica es su grado de claridad. Los colores pueden ser clasificados como tenues u oscuros al comparar sus valores. Para poder interpretar los valores de color se creó la escala de color uniforme alternativas: (L a b ) o CIELAB por la CIE (1976).

En donde: L define la claridad.

a denota el valor rojo/verde.

b el valor amarillo/azul según, CIE 15. (2004).

Asimismo también se utilizan los conceptos de matiz, saturación y brillo donde:

- El matiz, se define como un atributo de color que nos permite distinguir el rojo del azul y se refiere al recorrido que hace un tono hacia uno u otro lado del círculo cromático.
- Saturación o intensidad, 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.
- Valor o Brillo. 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, según Hunter Lab. (2001).

### **2.8.3. Sólidos solubles totales (°Brix).**

Los °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. Se consideran a los °Brix como equivalentes de los SST porque el mayor contenido de sólidos solubles en el jugo de las frutas son azúcares (Kader, 1992).

### **2.9 Tipos de brotes en el limón.**

En los cítricos se muestran por lo general dos fluctuaciones de brotación durante todo el año. Los brotes vegetativos y reproductivos ya formados en primavera son los más importantes al desarrollar flores útiles, en cambio los brotes del solsticio de verano son vegetativos y muy pequeños, los brotes pueden producirse en forma ininterrumpida todo el año, pero los principales picos de floración son en la primavera, esta floración resulta de la combinación de estímulos ambientales y sus factores internos (Nebauer *et al.* 2006).

Los brotes que surgen en primavera se clasifican de acuerdo con el número de hojas y flores que llevan. Los brotes multiflorales sin hojas reciben el nombre de ramos de flores (RF), los que llevan varias hojas, brotes mixtos (BM), los uniflorales sin hojas se

denominan flores solitarias (FS), y con hojas, brotes campaneros (BC) finalmente los que llevan hojas son brotes vegetativos (BV). Este número de brotes y flores depende de dos factores: el número de primordios presentes en las yemas y la abscisión o falta de desarrollo de algunos órganos, fundamentalmente hojas (Agustí, 2003).

## **2.10. Temperatura y floración.**

En el caso de los cítricos, los rendimientos dependen de la floración que se tiene y el posterior cuajado del fruto. Las condiciones subtropicales pueden ser húmedas o secas. En condiciones subtropicales, los cítricos florecen principalmente durante la primavera posterior a la temporada de invierno inductivo o incluso durante el invierno si las temperaturas son lo suficientemente altas como para romper la latencia inactiva (Subhadrabandhu y Yapwattanaphum, 2001).

En la mayoría de las regiones subtropicales, las bajas temperaturas son un factor primario que conduce a la inducción del brote floral. En los cítricos, las bajas temperaturas (<20 o C) provocan la inactividad de los brotes y el clima frío adicional a estas temperaturas induce a los brotes a convertirse en capullos (Reuther *et al.*, 1973).

La activación de la yema puede conducir al inicio de la floración, si el clima es lo suficientemente frío, o a los brotes vegetativos en el caso del clima cálido de invierno (Chen y Huang, 2001). En cítricos, el número de flores por árbol, el número de flores por nudo y la tasa de brotación son mayores a medida que avanza el invierno y se produce más tiempo a bajas temperaturas (Poerwanto e Inoue, 1990).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Localización del sitio experimental.**

La investigación se estableció en el ejido de La Labor, el cual se encuentra ubicado en el municipio de Santa María del Oro, Nayarit. En las coordenadas GPS: Longitud (dec) -104.719722 Latitud (dec): 21.371944. La localidad se encuentra a una mediana altura de 1060 metros sobre el nivel del mar. Cuenta con un sistema de riego por goteo.

#### **3.2. Material vegetal y diseño experimental.**

Se utilizaron árboles de limón Persa con una edad de 11 años injertados en naranja agria; el diseño experimental fue bloques al azar con siete repeticiones, cuatro tratamientos distribuidos en toda la parcela (punto 3.9, cuadro 4). El sistema de plantación de los árboles fue en marco real con distancia entre árboles 6.0 X 4.0 m, con una altura promedio de 3.0 m.

#### **3.3. Clima.**

El clima según Köppen corresponde a un (A) e (W2) a (i), es decir un clima semicálido (subtropical subhúmedo), el más cálido de los templados (c) (García, 1982). Los meses de máxima precipitación son julio y agosto, con precipitación media anual de 833.3 mm. Los meses más cálidos son junio, julio y agosto, con temperatura entre los 25.6 a 26.7 °c y el mes más frío es enero con 18.9 °C.

#### **3.4. Suelo.**

Previo a la colocación del experimento se realizó un muestreo al suelo, dicho muestreo se realizó tomando una muestra en las copas de los árboles con una distancia de 0.30 m separada del tallo, las muestras se tomó de cada árbol un punto cardinal diferente,

obteniendo una muestra de cada línea de árboles, a las muestras se les determinó las metodologías mencionadas en el cuadro 2

**Cuadro 2.** Técnicas utilizadas en el análisis físico-químico del suelo en La Labor municipio de Santa María del Oro, México.

Determinación	Método
pH	Convencional (Relación 1:2) suelo y agua
Textura	Bouyoucos
Calcio y Magnesio	Absorción atómica
Potasio	Fluorimetría
Fósforo	Espectrofotometría
Materia orgánica	Walkley y Black

### 3.5. Muestreo foliar y determinación de los nutrimentos.

La muestra consistió en 5 hojas recientemente maduras de cuatro brotes vegetativos de cada árbol del experimento; la muestra foliar se tomó después de la tercera hoja de arriba hacia abajo de cada punto cardinal en la parte media de la copa del árbol. Las muestras se colocaron en bolsas de papel estraza y se llevaron al Laboratorio de Análisis de Suelo, Tejido Vegetal y Agua de la Unidad Académica de Agricultura, de la Universidad Autónoma de Nayarit.

En el laboratorio, primero se lavaron las muestras con agua de la llave y después con agua destilada dos veces, enseguida se les quitó el exceso de agua, y se colocaron en la bolsa de papel estraza para posteriormente meterlas en una estufa con aire forzado a una temperatura de 60 °C, durante 48 horas. Una vez secas las muestras se molieron en un molino de acero inoxidable IKA, se recolectó la muestra molida en una bolsa de plástico y posteriormente se realizó el análisis nutrimental.

La determinación de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) se realizó según lo indican Alcantar y Sandoval (1999). Para la determinación se usaron 0.5 g de muestra seca, que se sometieron a una digestión húmeda con una mezcla (ácido sulfúrico y ácido perclórico, en relación 2:1 de la cual se agregaron 4 mL más 2 mL de peróxido de hidrógeno al 30 %).

La determinación de nutrientes se realizó por las diferentes metodologías mencionadas en el Cuadro 4.

**Cuadro 3.** Técnicas utilizadas en las determinaciones nutrimentales en las muestras foliares de limón Persa.

Determinación	Métodos
Nitrógeno	Kjeldahl
Calcio y Magnesio	Absorción atómica
Potasio	Flamometría
Fósforo	Espectrofotometría

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

### 3.6. Estimación de la demanda (DEM).

La demanda nutrimental se calculó por árbol. Se consideró la extracción nutrimental por tonelada de fruto, mencionados por Mellado-Vázquez *et al.*, (2015), los cuales son los siguientes: N: 1.80; P: 0.25; K: 2.24; Ca: 1.07 y Mg: 0.22. A la cantidad de nutriente que se obtuvo de la información anterior para 100 kg de fruto por árbol, se le sumó la cantidad de nutrientes que se requieren para producir 40 kg de materia seca por árbol, con destino a la producción de material de poda. La extracción nutrimental para la producción



de material vegetativo de *Citrus latifolia* se reportan las siguientes concentración nutrimental en material de poda: 0.15 % N, 0.15 % de P, 0.66 %; Ca 1.64% y Mg 0.11% (Contreras-Morales, 2007).

La demanda nutrimental anual en gramos por árbol quedó de la manera siguiente: 255 g de N, 87 g de P, 507 g de K, 763 g de Ca y 44 g de Mg.

### **3.7. Estimación del suministro.**

El suministro nutrimental se calculó considerando el volumen y cantidad de suelo explorado por el cultivo, que depende directamente del diámetro de copa y una profundidad de 40 cm, como superficie efectiva de exploración radicular. En árboles de 12 años de edad, Contreras-Morales (2008) reportaron que el 80 % de las raíces de absorción se ubican de la parte media de la zona de goteo hacia el tronco, en este caso el diámetro de copa fue de 3.2 m, y se consideró la mitad del radio de copa (media zona de goteo), que resultó en 0.8 m. El volumen del suelo explorado fue entonces  $\pi r^2 * 0.4m = (3.1416 * 0.82 m * 0.4 m) = 0.8 m^3$ . Este valor convertido a peso de suelo resulta en  $(0.8 * Dap (t m^3)) = 0.80 * (1.2 t m^3) = 0.96 t$ . El suministro nutrimental se calculó considerando la superficie de exploración del árbol ( $1.13 m^2$ ), que depende directamente del diámetro de copa y una profundidad de 40 cm, como superficie efectiva de exploración radicular.

El suministro de nitrógeno se calculó a partir de una tasa de mineralización promedio de 2.0 % anual y una concentración de N en M.O mineralizada del 5.0 % (Ankerman y Large, 2017). El suelo explorado posee la capacidad de suministrar 20.5 g de N al año. Los demás nutrimentos según los resultados de análisis de suelo y la cantidad de suelo explorado, el suministro estimado quedó como se indica: P, 46 g; K, 366 g; Ca, 1920 g y Mg 432 g, se observó que la capacidad de suministro de Ca y Mg son muy superiores a la demanda del cultivo, pero en el caso del N, P y K sí se requirió de la aplicación de fertilizantes.

### 3.8. Eficiencia de recuperación de fertilizante (ERF).

La ERF para el caso de nitrógeno se utilizó el valor que establecieron como 70 % Martínez-Alcántara *et al.*, (2012), el cual es un dato específico para cítricos; para fósforo 30 % y 70 % para potasio (SAGARPA, 2018). La dosis que se obtuvo fue en g por árbol al año y quedó de la siguiente manera: 335, 313 y 240 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, que en términos de kg ha<sup>-1</sup>, quedó en 93:87:66 respectivamente.

### 3.9. Tratamientos.

A partir de la dosis de referencia obtenida a partir del modelo de balance nutrimental (93: 87: 66 de N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O) se generaron dos tratamientos más, una con 50 % más de nutrimentos y otra con 50 % menos, más un testigo (sin fertilización), como se presenta en el cuadro 4.

**Cuadro 4.** Técnicas utilizadas en las determinaciones nutrimentales en las muestras foliares de limón Persa.

Tratamiento (N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O)	Fuente
00:00:00	Sin fertilización
46:43:33	Urea, sulfato de potasio, nitrato de potasio, fosfato mono amónico
93: 87: 66	Urea, sulfato de potasio, nitrato de potasio, fosfato mono amónico
139:129:99	Urea, sulfato de potasio, nitrato de potasio, fosfato mono amónico

### 3.10. Manejo de la fertilización.

La fertilización se fraccionó aplicando el 60 % vía suelo; esta se fraccionó en dos aplicaciones, siendo el 30 % en cada una de ellas; la primera se realizó el 25 de julio y la

segunda el 15 de septiembre de 2016. El 40 % restante se aplicó a partir del mes de febrero de 2017 con base a las etapas fisiológicas.

### **3.11. Control de plagas y enfermedades.**

El control de estos factores bióticos fue de acuerdo con lo observado en el huerto. Se realizaron aplicaciones mensuales de fungicidas (Benomilo 1 gL<sup>-1</sup> de agua) y malathion (1 gL<sup>-1</sup> de agua) para controlar el pulgón que se presentaron en los nuevos brotes vegetativos.

### **3.12. Variables.**

#### **3.12.1. Concentración nutrimental foliar.**

Mensualmente se determinó la concentración nutrimental foliar a las muestras manejadas en el punto 3.7, mediante las metodologías propuestas en el cuadro 5.

#### **3.12.2. Variación nutrimental foliar estacional.**

Mensualmente se tomaron 5 hojas de cada punto cardinal del árbol, tomándolas de las de la de la quinta hoja hacia abajo. Las hojas eran colocadas en bolsa de papel y llevadas al laboratorio de suelos de la Unidad Académica de Agricultura para realizar la metodología correspondiente, ya mencionadas en el cuadro 5.

#### **3.12.3 Producción de fruto (kg árbol<sup>-1</sup>).**

La cosecha se realizó cuando los frutos alcanzaron su punto de madurez de cosecha, enseguida todos los frutos por árbol cortados se pesaron, utilizando una báscula de reloj.

### **3.12.4. Parámetros de calidad del fruto.**

#### **3.12.4.1. Tamaño y peso.**

Se seleccionaron 14 frutos al azar de cada tratamiento y con la ayuda de un vernier digital, marca Truper, se midieron las variables de longitud del fruto y diámetro ecuatorial. Para la variable peso del fruto se utilizó una báscula digital marca TORREY.

#### **3.12.4.2. Sólidos Solubles Totales.**

Los sólidos solubles totales (SST) se analizaron en 14 frutos seleccionados al azar de cada tratamiento; para ello se utilizó un refractómetro digital marca ATAGO, se registró la temperatura ambiente para hacer las correcciones necesarias mediante la norma AOAC (1984) y expresar los resultados a 20 °C, como °Brix.

#### **3.12.4.3. Color.**

A 14 frutos seleccionados al azar de cada uno de los tratamientos, se les determinó el color con un colorímetro digital (BakingMeter BC-10) Konita Minolta, en el cual se emplea el sistema CIELab, para determinar las coordenadas cromáticas L, a y b.

### **3.12.5. Cuantificación de brotes (reproductivos, vegetativos y mixtos).**

El conteo se realizó mensualmente con la ayuda de un cuadro de madera con medida de 1 m<sup>2</sup>, a la altura media del árbol cuantificando los diferentes tipos de brotes en los cuatro puntos cardinales. Los puntos del muestreo fueron señalados con un listón al inicio del experimento.

### **3.13. Diseño experimental.**

El diseño experimental fue bloques al azar, con siete repeticiones. Se evaluaron cuatro tratamientos (cuadro 5). La unidad experimental consistió en un árbol por tratamiento.

### **3.14. Análisis estadístico.**

A los datos se les realizó análisis de varianza y prueba de medias Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ), con el paquete estadístico SAS año 2009 (Statistical Analysis System).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Análisis de suelo.

En el cuadro 5 se presentan los resultados obtenidos de las muestras de suelo que se realizaron antes del establecimiento del dicho experimento. La determinación de nutrimentos permitió generar mediante balance nutrimental las dosis utilizadas como tratamientos.

**Cuadro 5.** Características físico-químicas del suelo de la huerta ubicada en La Labor municipio de Santa María del Oro, Nayarit. México

Determinación	Resultado	Interpretación*
Textura		Arcillosa
pH	6.5	Moderadamente ácido
Densidad aparente	1.2 g cm <sup>-3</sup>	
Conductividad eléctrica	0.1 dS m <sup>-1</sup>	Efectos despreciables de la salinidad
Materia orgánica	2.12 %	Medio
Calcio intercambiable	2000 mg kg <sup>-1</sup>	Medio
Potasio intercambiable	507 mg kg <sup>-1</sup>	Alto
Fósforo Bray y Kurtz 1	47.76 mg kg <sup>-1</sup>	Alto
Magnesio intercambiable	450 mg kg <sup>-1</sup>	Medio

\*NOM-021. Norma Oficial Mexicana de Fertilidad de suelos.

### 4.2. Concentración nutrimental foliar.

#### 4.2.1. Concentración de nitrógeno.

En el cuadro 6 se presentan las determinaciones de nitrógeno contenido en tejido foliar de limón Persa. Los resultados muestran que existe presencia estadística altamente

significativa en los meses de enero, marzo, abril y mayo y diferencia significativa en junio; en el año de evaluación, el coeficiente de variación osciló de 9.87 a 27.24 %, lo que indica una buena respuesta del cultivo a la fertilización. Los promedios de la concentración de nitrógeno entre las dosis aplicadas en los meses evaluados (julio/2016-julio/2017) indican que el incremento de este nutrimento en las hojas se aprecia a partir de enero de 2017 posiblemente debido a que, en ese mes se inició la aplicación del 40 % restante de la dosis obtenida por balance nutrimental. Los diferentes grupos estadísticos arrojados a partir de enero de 2017 muestran que el tratamiento testigo (0 fertilización) mostró los niveles de nitrógeno más bajos durante el periodo en estudio, en tanto que las concentraciones más altas se determinaron entre las tres dosis aplicadas (50, 100 y 150 %), lo que revela que la aplicación de fertilizante a los árboles de limón favorece el suministro de nitrógeno a los puntos de demanda como son las hojas y que este a su vez puede estar disponible para su uso en las etapas fenológicas siguientes de desarrollo como son la floración y la fructificación.

**Cuadro 6.** Concentración de nitrógeno en tejido foliar de limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka) establecido en el huerto del ejido La Labor, Nayarit. México.

Meses evaluados	Tratamientos (% de la dosis 93: 87: 66)				Pr>F	DMS	C.V (%)
	0	50	100	150			
Julio 2016	0.47 a	0.39 a	0.44 a	0.48 a	0.11 <sup>NS</sup>	0.10	15.79
Agosto	0.51 a	0.41a	0.47a	0.44 a	0.37 <sup>NS</sup>	0.16	24.49
Septiembre	0.54 a	0.56 a	0.54 a	0.56 a	0.96 <sup>NS</sup>	0.15	19.23
Octubre	0.90 a	0.91 a	0.92 a	0.91 a	0.99 <sup>NS</sup>	0.28	21.28
Noviembre	0.71 a	0.76 a	0.82 a	0.55 a	0.08 <sup>NS</sup>	0.28	27.24
Diciembre	0.61 a	0.71 a	0.69 a	0.70 a	0.07 <sup>NS</sup>	0.11	11.08
Enero 2017	1.38 b	1.80 a	1.80 a	1.94 a	0.00 <sup>**</sup>	0.25	9.87
Febrero	1.67 a	1.58 a	1.84 a	1.84 a	0.27 <sup>NS</sup>	0.43	16.82
Marzo	1.51 b	1.95 a	1.98 a	1.99 a	0.00 <sup>**</sup>	0.32	11.74
Abril	1.66 b	2.00 ab	2.26 a	2.25 a	0.00 <sup>**</sup>	0.41	13.77
Mayo	1.53 b	2.15 a	2.08 a	1.76 ab	0.00 <sup>**</sup>	0.46	16.83
Junio	1.58 b	1.86 a	1.80 ab	1.76 ab	0.04 <sup>*</sup>	0.26	10.11
Julio	1.73 a	1.89 a	1.85 a	1.74 a	0.74 <sup>NS</sup>	0.48	18.17

NS=Diferencia estadística no significativa; \*,\*\*=Presencia estadística ( $P \leq 0.05$  y  $\leq 0.01$ ); DMS= Diferencia mínima significativa; C.V (%)= Coeficiente de variación. Medias con la misma literal entre hileras son iguales estadísticamente (Tukey  $\leq 0.05$ ).

Almeida y Baumgartner (2002) en su investigación con Naranja “Valencia” obtuvieron que los niveles foliares de nitrógeno aumentaron significativamente en función de las dosis crecientes del nutrientes; en este estudio esa tendencia aunque mínima pero se observó solo en los meses de enero y marzo de 2017, en el grupo con superioridad e igualdad estadística que comprende a los tratamientos generados con la dosis de referencia.

Paramasivam *et al.*, (2000) mencionan que en los cítricos la mayor demanda de nutrientes se extiende desde los finales de invierno hasta el comienzo del verano coincidiendo con el crecimiento de la floración y el desarrollo del fruto de la primavera, mismos resultados obtenidos en la presente investigación la mayor absorción de dicho nutrimento, no presentando diferencia significativa en los meses de invierno (Noviembre-Diciembre) cómo se mencionan anteriormente, con este nutrimento que es de gran importancia para el árbol. A pesar de este aumento de nitrógeno foliar los resultados de esta investigación estuvieron por debajo de las concentraciones óptimas recomendadas (2.4 – 2.6%) para cítricos (Platt, 1965), lo cual pudo ser ocasionado por varios factores como el portainjerto empleado. Por su parte Pérez y Orozco (2004) mencionan que el nitrógeno estimula el crecimiento vegetativo motivo por el cual, no se encuentra concentrado en altas cantidades en la hoja recientemente madura.

#### **4.2.2. Concentración de fósforo.**

La concentración de fósforo en tejido foliar durante el periodo de evaluación, presentó diferencia significativa entre tratamientos en la mayoría de los meses de 2016, excepto octubre y noviembre; en 2017 existió presencia estadística altamente significativa en abril y julio y diferencia significativa en marzo. El coeficiente de variación fluctuó de 88.97 a 10.34 % (enero-junio/2017), lo que muestra la gran variación de los niveles de fósforo en la hoja entre las dosis de fertilización evaluadas durante ese periodo.

La comparación de promedios entre tratamientos permite mencionar los grupos superiores e inferiores estadísticamente, iguales o diferentes entre sí. De manera general, las dosis de fertilización que favorecieron positivamente la concentración de fósforo en la hoja fueron en su mayoría las aplicadas con la dosis obtenida mediante



balance nutrimental, sobre todo en julio, agosto, septiembre y diciembre de 2016, en tanto que para 2017, estas dosis únicamente coincidieron en junio y julio; la influencia del resto de las dosis varió considerablemente en el transcurso del tiempo evaluado. Los árboles testigo (0 fertilización) destacaron en su mayoría (excepto abril) con menor contenido de fósforo en la hoja, lo que indica la importancia de incluir y brindar la fertilización adecuada en este cultivo para que el fósforo se acumule en esta parte de la planta (Cuadro 7), ya que este elemento desempeña un número importante de funciones en las plantas que contribuyen en una mayor producción y mejora la calidad de la fruta (Alayón *et al.*, 2014).

**Cuadro 7.** Concentración de fósforo en tejido foliar de limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka) establecido en el huerto del ejido La Labor, Nayarit, México.

Meses evaluados	Tratamientos (% de la dosis 93:87:66)				Pr>F	DMS	C.V (%)
	0	50	100	150			
Julio 2016	0.070 b	0.069 b	0.094 a	0.088 a	0.0009	0.018	15.027
Agosto	0.080 b	0.103 a	0.105 a	0.091 ab	0.003**	0.016	11.198
Septiembre	0.107 b	0.126 ab	0.124 ab	0.146 a	0.002**	0.025	13.191
Octubre	0.096 a	0.111 a	0.093 a	0.102 a	0.096 <sup>NS</sup>	0.021	13.905
Noviembre	0.102 a	0.103 a	0.102 a	0.081 a	0.054**	0.024	16.533
Diciembre	0.052 b	0.077 ab	0.060 ab	0.082 a	0.014**	0.027	26.714
Enero 2017	0.194 a	0.102 a	0.104 a	0.104 a	0.444 <sup>NS</sup>	0.174	88.974
Febrero	0.093 a	0.091 a	0.139 a	0.106 a	0.152 <sup>NS</sup>	0.062	39.056
Marzo	0.088 b	0.095 ab	0.089 b	0.113 a	0.028**	0.023	16.299
Abril	0.148 a	0.145 a	0.127 ab	0.114 b	0.002**	0.025	12.583
Mayo	0.098 a	0.115 a	0.102 a	0.101 a	0.152 <sup>NS</sup>	0.021	13.386
Junio	0.104 a	0.109 a	0.110 a	0.119 a	0.145 <sup>NS</sup>	0.017	10.341
Julio	0.100 b	0.092 b	0.178 a	0.221 a	0.001**	0.059	26.802

NS=Diferencia estadística no significativa; \*,\*\*=Presencia estadística ( $P \leq 0.05$  y  $\leq 0.01$ ); DMS= Diferencia mínima significativa; C.V (%)= Coeficiente de variación. Medias con la misma literal entre hileras son iguales estadísticamente (Tukey  $\leq 0.05$ ).

En este estudio se detectó que, en los meses de julio, agosto, septiembre y diciembre del 2016 y junio y julio de 2017 fueron los momentos donde el nitrógeno no se acumuló en las hojas a altas concentraciones y coincide que en esos meses existió un aumento de fósforo. En este sentido Pérez y Orozco (2004) argumentan que las concentraciones de

fosforo foliar aumentan al determinar concentraciones bajas de nitrógeno en hoja de limón mexicano, información que coincide con los resultados de esta investigación.

Las altas concentraciones de fósforo en los primeros meses de la investigación fueron posiblemente como producto de la aplicación del 60 % de la dosis y el resto de los meses al encontrarse en concentraciones optimas su movilidad se da hacia tronco y ramas por ser un elemento con función estructural, Alva *et al.*, (2003) señalan que en los cítricos las mayores concentraciones de fósforo se encuentran en tronco 22 % y un 17 % en hojas sin contar en fruto.

#### **4.2.3. Concentración de potasio.**

Los resultados del análisis de varianza arrojaron diferencia significativa en el mes de julio y altamente significativa en septiembre de 2016 entre las dosis de fertilización aplicadas para determinar su efecto en la acumulación de potasio en las hojas (Cuadro 8), siendo los tratamientos testigo (0 fertilización) y el de 50 % de la dosis de referencia el grupo con superioridad pero iguales estadísticamente a la dosis obtenida por balance nutrimental (100 %). El suministro de K a la planta durante un período determinado dependerá de la cantidad de K de cada fuente y de la velocidad con que se establece la reposición y el equilibrio entre las fuentes. En este sentido, la fuente inmediata de K para las plantas es el que está disuelto en la solución del suelo; la reposición que mantiene su nivel estable es en primer lugar, la forma intercambiable y luego el K de reserva. De acuerdo con el análisis de suelo, la huerta se encuentra establecida en un suelo arcilloso (Cuadro 5), factor que favorece la absorción de K por las plantas, debido a que, este proceso está relacionado directamente al contenido y calidad de la arcilla; además, si la concentración de este nutrimento se aumenta con la aplicación de fertilizantes potásicos, entonces parte de este dejará la solución para unirse electrostáticamente al material coloidal de la fase sólida. Es posible que, por esta razón, el depósito de K en el tejido foliar de limón no presentara variación significativa en la mayoría de las fechas analizadas y el de arrojar coeficientes de variación entre 6.94 y 30.11 %.

**Cuadro 8.** Concentración de potasio en tejido foliar de limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka) establecido en el huerto del ejido La Labor, Nayarit, México.

Meses evaluados	Tratamiento (% de la dosis 93:87:66)				Pr>F	DMS	C.V (%)
	0	50	100	150			
Julio	1.20 a	1.31 a	1.05 a	1.02 a	0.03**	0.28	16.91
Agosto	0.95 a	0.98 a	1.07 a	1.09 a	0.43 <sup>NS</sup>	0.27	17.86
Septiembre	1.23 a	1.13 a	0.99 ab	0.79 b	0.00**	0.24	16.16
Octubre	1.54 a	1.48 a	1.50 a	1.58 a	0.82 <sup>NS</sup>	0.31	14.07
Noviembre	1.70 a	1.43 a	1.60 a	1.56 a	0.17 <sup>NS</sup>	0.32	13.82
Diciembre	1.58 a	1.42 a	1.49 a	1.87 a	0.18 <sup>NS</sup>	0.57	24.56
Enero	1.37 a	1.07 a	1.11 a	1.03 a	0.28 <sup>NS</sup>	0.51	30.11
Febrero	1.08 a	0.95 a	0.99 a	0.95 a	0.33 <sup>NS</sup>	0.19	13.03
Marzo	1.84 a	1.94 a	1.78 a	1.87 a	0.65 <sup>NS</sup>	0.35	12.98
Abril	1.93 a	1.96 a	1.79 a	1.88 a	0.10 <sup>NS</sup>	0.19	6.94
Mayo	1.86 a	1.74 a	1.84 a	1.87 a	0.25 <sup>NS</sup>	0.20	7.50
Junio	1.78 a	1.65 a	1.67 a	1.77 a	0.12 <sup>NS</sup>	0.18	7.13
Julio	1.13 a	1.09 a	1.06 a	1.07 a	0.97 <sup>NS</sup>	0.44	27.59

NS=Diferencia estadística no significativa; \*\*,\*=Presencia estadística ( $P \leq 0.05$  y  $\leq 0.01$ ); DMS= Diferencia mínima significativa; C.V (%)= Coeficiente de variación. Medias con la misma literal entre hileras son iguales estadísticamente (Tukey  $\leq 0.05$ ).

Otra razón que puede explicar este resultado es por la relación de potasio con nitrógeno, al aumentar la concentración de nitrógeno ayuda a la asimilación del potasio.

En los meses restantes la concentración de este catión no arrojó grupos estadísticos, esto puede ser ocasionado por las principales funciones fisiológicas que tiene este nutrimento en la planta, tales como el metabolismo de azúcares, la síntesis de proteínas, la división celular normal, crecimiento y la neutralización de los ácidos orgánicos (Alayón *et al.*, 2014). La planta de limón Persa presenta producción la mayor parte del año y el potasio se transloca principalmente al fruto aumentando la calidad del fruto; Opazo y Razeto (2001) mencionan que las aplicaciones de dicho catión en cítricos determina un aumento del tamaño del fruto, en el grosor de la cáscara y en la acidez del jugo, por ello, las concentraciones en hojas se ven reducidas.

#### 4.2.4. Concentración de Calcio.

En el cuadro 9 se presentan las concentraciones de calcio en tejido foliar de limón donde el análisis indicó diferencia estadística entre tratamientos en los meses de julio,

septiembre, noviembre y diciembre de 2016 y en enero, febrero, marzo y mayo de 2017. El coeficiente de variación osciló entre 7.95 y 28.91 %, lo que sugiere que las concentraciones de calcio variaron de manera aceptable para el crecimiento vegetativo a través del tiempo, sin que en este punto se relacione con el crecimiento y desarrollo de los frutos. Aun cuando la mayoría de los meses, el tratamiento que registró la mayor concentración de calcio fue la dosis del 50 % de la fertilización de referencia, de manera general se observa que la concentración de Ca disminuyó en los meses de octubre a diciembre de 2016 para luego aumentar y estabilizarse en los meses de abril a julio de 2017, lo que representa incrementos 4 veces más que la acumulación inicial (proporción 2017:2016 de 4:1). Conocer la dinámica de los nutrientes minerales ayuda a identificar los períodos de mayor exigencia por las plantas, lo que resulta útil en la planificación de labores de fertilización (Sadeghian *et al.*, 2013).

**Cuadro 9.** Concentración de calcio en tejido foliar de limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka) establecido en el huerto del ejido La Labor, Nayarit. México.

Meses evaluados	Tratamientos (% de la dosis 93:87:66)				Pr>F	DMS	C.V (%)
	0	50	100	150			
Julio	1.277 b	1.742 a	1.015 b	1.230 b	0.001**	0.449	22.844
Agosto	1.498 a	1.785 a	1.614 a	1.647 a	0.502 <sup>NS</sup>	0.435	18.195
Septiembre	1.668 a	1.816 a	1.392 b	1.372 b	0.000**	0.278	11.865
Octubre	0.440 a	0.476 a	0.456 a	0.485 a	0.148 <sup>NS</sup>	0.057	8.879
Noviembre	0.428 ab	0.458 a	0.404 b	0.401 b	0.015**	0.049	7.950
Diciembre	0.482 ab	0.400 b	0.451 ab	0.475 a	0.020**	0.062	9.591
Enero	0.702 ab	0.785 a	0.505 bc	0.483 c	0.004**	0.219	28.905
Febrero	0.855 b	1.052 a	1.019 a	1.041 a	0.002**	0.141	9.640
Marzo	1.032 b	1.572 a	1.620 a	1.870 a	0.0001**	0.393	17.480
Abril	2.048 a	2.144 a	2.120 a	1.975 a	0.283 <sup>NS</sup>	0.257	8.416
Mayo	2.265 a	2.338 a	1.886 b	2.233 a	0.001**	0.271	8.418
Junio	2.040 a	2.112 a	1.911 a	1.999 a	0.367 <sup>NS</sup>	0.312	10.495
Julio	2.096 a	2.538 a	2.196 a	2.102 a	0.296 <sup>NS</sup>	0.711	21.591

NS=Diferencia estadística no significativa; \*\*,\*=Presencia estadística ( $P \leq 0.05$  y  $\leq 0.01$ ); DMS= Diferencia mínima significativa; C.V (%)= Coeficiente de variación. Medias con la misma literal entre hileras son iguales estadísticamente (Tukey  $\leq 0.05$ ).

El efecto de la dosis de fertilización a la concentración foliar está ligado a la cuestión de producción de fruto; los tratamientos Testigo (0 fertilización) y 50 % de dosis de la fertilización de referencia fueron quienes registraron una concentración de calcio mayor a la que tuvieron los tratamientos del 100 y 150 % de dosis de fertilización, que fue en donde se tuvo mayor producción de fruto. Esto se debe a la movilidad que posee el calcio, el cual aun cuando se considera una “baja movilidad” (White, 2012), sí impacta en el nivel nutrimental foliar.

#### **4.2.5. Concentración de Magnesio (Mg).**

La acumulación foliar de Mg presentó variaciones significativas entre las dosis de fertilización utilizadas en este estudio a través del tiempo. Los cambios en referencia podrían estar relacionados con la disponibilidad de este elemento para la planta, asociada al aporte de los nutrientes vía fertilización y a las lluvias.

Debido a la gran variación de las concentraciones presentes de este nutrimento en las hojas durante el periodo de evaluación, se puede comentar que el promedio general de los trece meses experimentales de cada dosis aplicada, los contenidos de este elemento se presentan bajo el siguiente orden 100<0 fertilización<150<50 % de la fertilización de referencia (26.23, 30.38, 31.15 y 32.23 %, respectivamente). Aun cuando la acumulación de este nutriente varió entre los meses de estudio, el mayor porcentaje se almacenó en los meses de enero y febrero de 2017 posiblemente debido a que, la acumulación depende de las condiciones predominantes en cada momento, pues la acumulación de macronutrientes cambia de acuerdo con la temperatura, factor climático que es afectado por la altitud (Sadeghian *et al.*, 2013).

**Cuadro 10.** Concentración de magnesio en tejido foliar de limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka) establecido en el huerto del ejido La Labor, Nayarit, México.

Meses evaluados	Tratamientos(% de la dosis 93:87:66)				Pr>F	DMS	C.V (%)
	0	50	100	150			
Julio	0.17 a	0.15 a	0.16 a	0.16 a	0.59 <sup>NS</sup>	0.04	17.94
Agosto	0.16 a	0.16 a	0.15 a	0.16 a	0.58 <sup>NS</sup>	0.03	14.02
Septiembre	0.20 a	0.19 ab	0.17 b	0.18 ab	0.02 <sup>**</sup>	0.02	8.62
Octubre	0.18 a	0.18 a	0.15 a	0.16 a	0.2 <sup>NS</sup>	0.04	17.47
Noviembre	0.17 ab	0.19 a	0.16 ab	0.14 b	0.04 <sup>**</sup>	0.04	16
Diciembre	0.18 a	0.21 a	0.17 a	0.23 a	0.11 <sup>NS</sup>	0.06	21.73
Enero	0.70 a	0.70 a	0.66 a	0.66 a	0.0005 <sup>**</sup>	0.02	2.85
Febrero	0.72 b	0.74 ab	0.75 ab	0.77 a	0.0099 <sup>**</sup>	0.04	3.96
Marzo	0.23 a	0.26 a	0.24 a	0.26 a	0.19 <sup>NS</sup>	0.04	12.73
Abril	0.26 b	0.31 a	0.32 a	0.32 a	0.0009 <sup>**</sup>	0.03	8.64
Mayo	0.30 a	0.33 a	0.30 a	0.31 a	0.32 <sup>NS</sup>	0.04	10.25
Junio	0.29 a	0.30 a	0.28 a	0.29 a	0.6 <sup>NS</sup>	0.05	11.51
Julio	0.39 a	0.44 a	0.40 a	0.41 a	0.49 <sup>NS</sup>	0.08	14.52

NS=Diferencia estadística no significativa; \*,\*\*=Presencia estadística ( $P \leq 0.05$  y  $\leq 0.01$ ); DMS= Diferencia mínima significativa; C.V (%)= Coeficiente de variación. Medias con la misma literal entre hileras son iguales estadísticamente (Tukey  $\leq 0.05$ ).

Las concentraciones de este catión se mantuvieron en rangos adecuados para los cítricos reportados por Reuther y Smith (1954) citado por Benito y Ruiz (1975) entre 0.30 % y 0.60 %. Los resultados de la presente investigación indican que el nivel de magnesio del suelo, permitió abastecer la necesidad de este nutrimento.

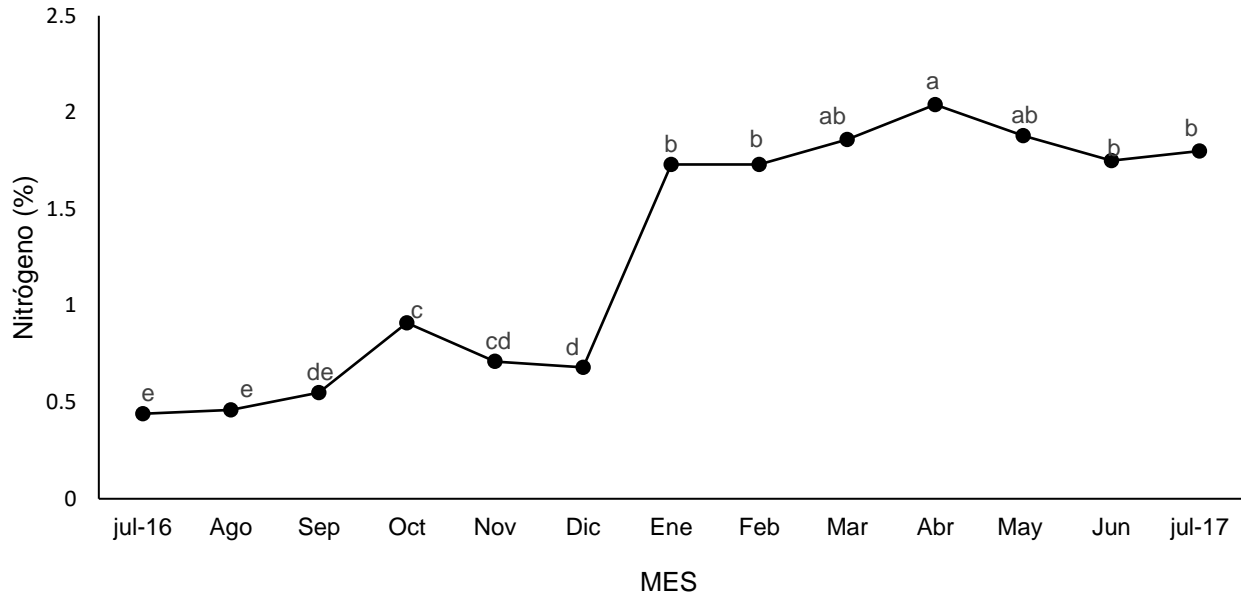
### 4.3. Variación nutrimental foliar estacional

El análisis foliar es una herramienta útil para diagnosticar el estado nutricional de las plantas; este refleja la magnitud de los cambios en la actividad fisiológica de la planta, como los que ocurren con la fertilización, y que dicha magnitud debe ser constante entre plantas. Este estudio consiste en la comparación entre los resultados del laboratorio y los niveles propuestos como óptimos, que maximizan el rendimiento en determinado cultivo (Boniche *et al.*, 2008).

#### **4.3.1. Nitrógeno.**

La concentración de nutrimentos varía en virtud de la interacción entre los elementos y su movimiento dentro de la planta, especialmente en cultivos perennes (Van den Driessche 1984).

En la figura 1 se presenta la variación en la concentración de N a través del tiempo, donde la concentración de N fue diferente en 10 de los 13 meses estudiados. La acumulación de N de enero a julio de 2017 fue mayor que de julio a diciembre de 2016, lo cual se puede atribuir por el efecto de la dosis de fertilización que se aplicó a los árboles, mostró deficiencia nutrimental severa (0.5 % de N); esto es atribuido a que dicho elemento se concentró para la recuperación de área foliar, con lo anterior, se puede deducir que huertos en estas condiciones, una vez que inicia el programa de nutrición acorde a las necesidades nutrimentales de la planta, en un lapso de cinco meses se eleva la concentración de nitrógeno a los niveles estándar que mencionan. En este sentido también podría relacionarse con una mayor actividad metabólica de la planta, lo que redundaría en mayores requerimientos de N, los cuales fueron adecuadamente suplidos por el fertilizante. En la figura 1 se muestra el porcentaje de nitrógeno en los diferentes meses evaluados (julio-2016 – julio 2017).



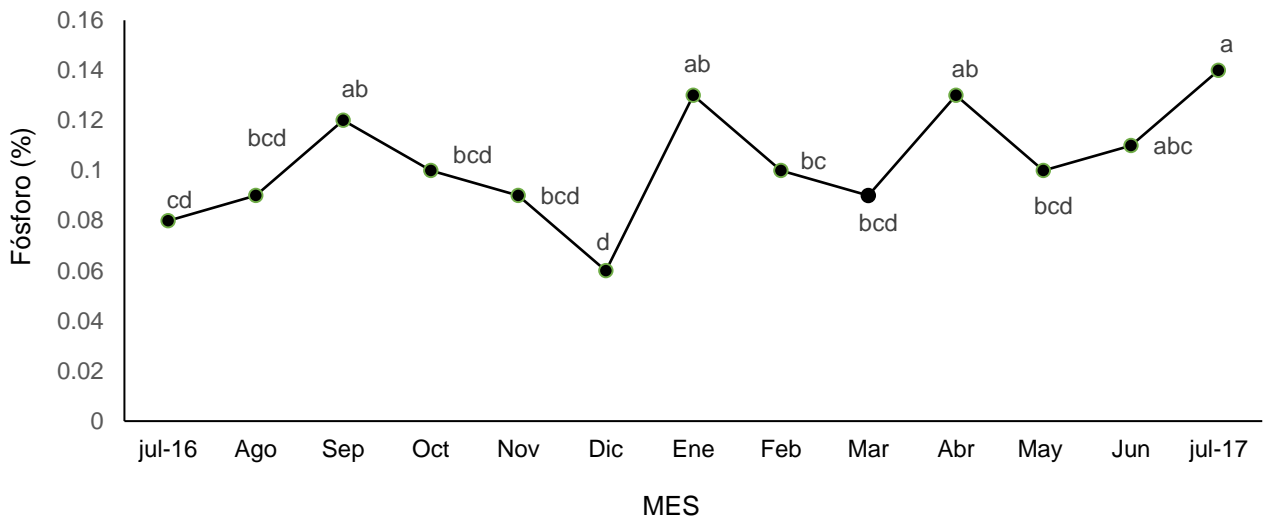
**Figura 1.** Variación estacional de la concentración de nitrógeno foliar en los meses evaluados en el huerto de limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka) del ejido de La labor; Nayarit, México. . Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey $\leq$  0.05).

#### 4.3.2. Fósforo

La variación a través de los 13 meses en la concentración de P se presenta en la figura 2. La acumulación de este nutrimento en tejido foliar de los meses evaluados los rangos estuvieron entre 0.06% y 0.14%. Durante el tiempo en que se realizó la investigación existieron diferencias estadísticas. Este nutrimento registró dos picos de disminución significativa de su concentración durante el periodo de la evaluación. En el mes de diciembre se observó una disminución severa en la concentración de K debido posiblemente al efecto de dilución, producto de un crecimiento más activo de las plantas, y se incrementó en mes de julio de 2017 donde se puede asociar con la época de mayor pluviosidad.

El fósforo es un elemento clave en la etapa fenológica de floración y se registra una disminución de su concentración cuando inicia esta etapa (diciembre y marzo), estos momentos coincidieron con la floración de los árboles incluidos en este estudio.





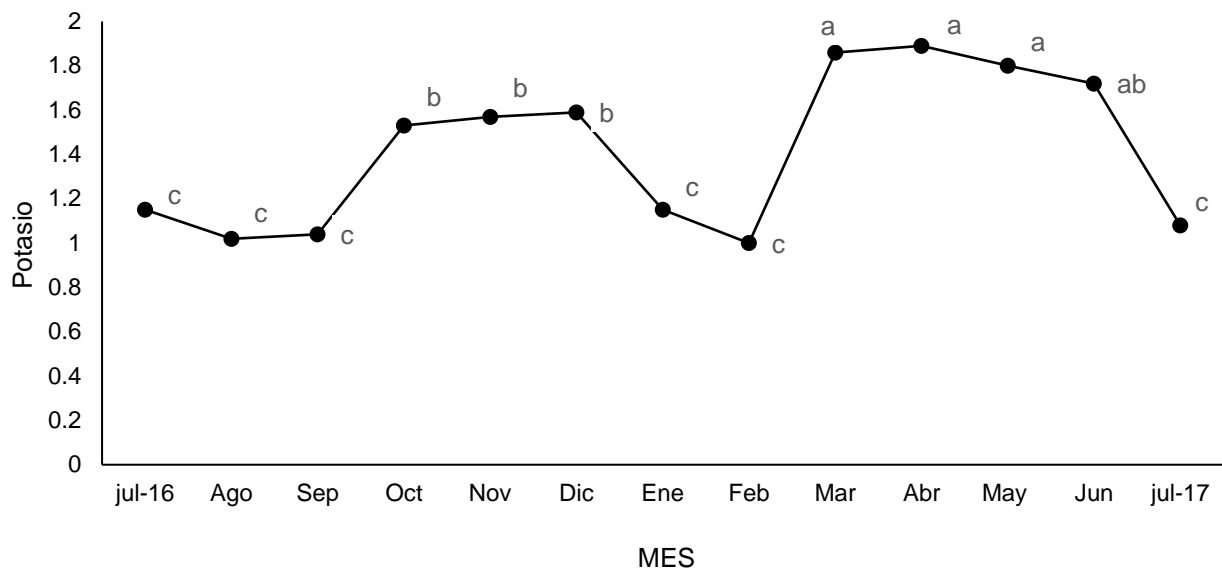
**Figura 2.** Variación estacional de la concentración de fósforo foliar en los meses evaluados en el huerto de limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka) del ejido de La labor; Nayarit. . Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey $\leq$  0.05).

#### 4.3.3. Potasio

Como se puede observar en la figura 3 se presenta la variación estacional de potasio. Las concentraciones medias de potasio foliar observadas en este estudio mostraron un mínimo entre 1.0 y 1.04 registradas en septiembre y febrero y, un máximo de 1.8 %, con las mayores concentraciones asociadas a los meses de primavera y verano. Posterior a estos meses comenzó el incremento, esto debido a que, en estos meses se fertilizó el 30 % de la dosis en suelo en el caso del mes de septiembre y en el mes de febrero, ya se había activado el fertirriego, con esto permitió la absorción de dicho elemento al considerarse de alta movilidad en planta.

Además, los meses en donde se obtuvieron las concentraciones bajas (sep- feb) en los datos de calidad de fruto presentados más adelante se obtuvo que fueron los meses en los cuales, los frutos tuvieron los tamaños y pesos más altos, esta baja concentración en tejido foliar fue ocasionada a que dicho elemento tiene mayor influencia en la calidad del fruto. Medina (2000) menciona que este nutrimento en los cítricos extraen gran cantidad

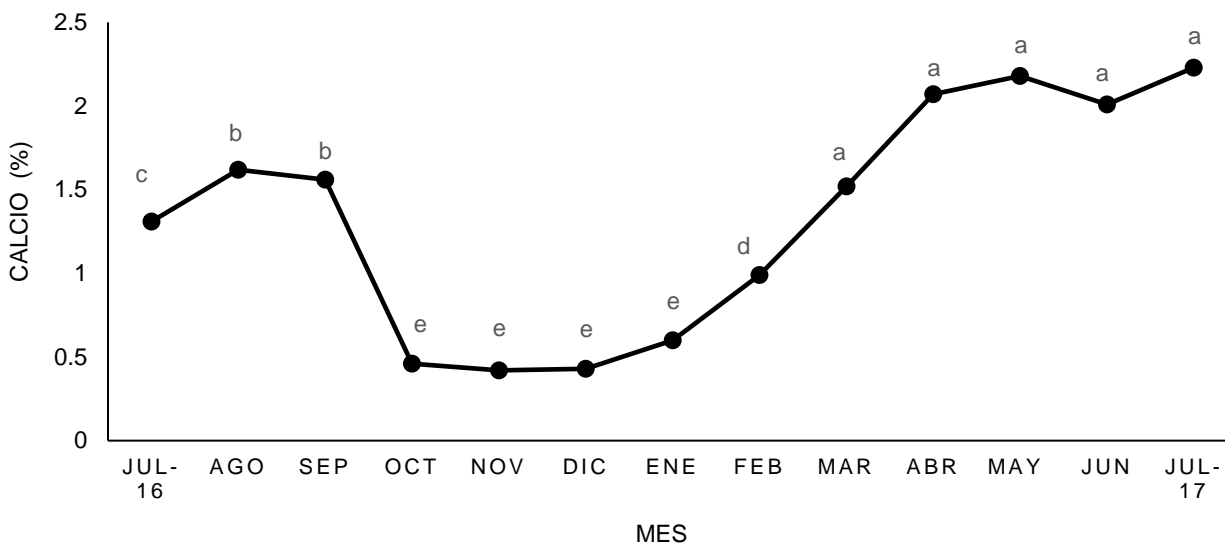
de potasio, el cual lo transloca principalmente en los frutos para mejorar los parámetros de este.



**Figura 3.** Variación estacional de la concentración de potasio foliar en los meses evaluados en el huerto de limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka) del ejido de La labor; Nayarit. . Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey $\leq$  0.05).

#### 4.3.4. Calcio.

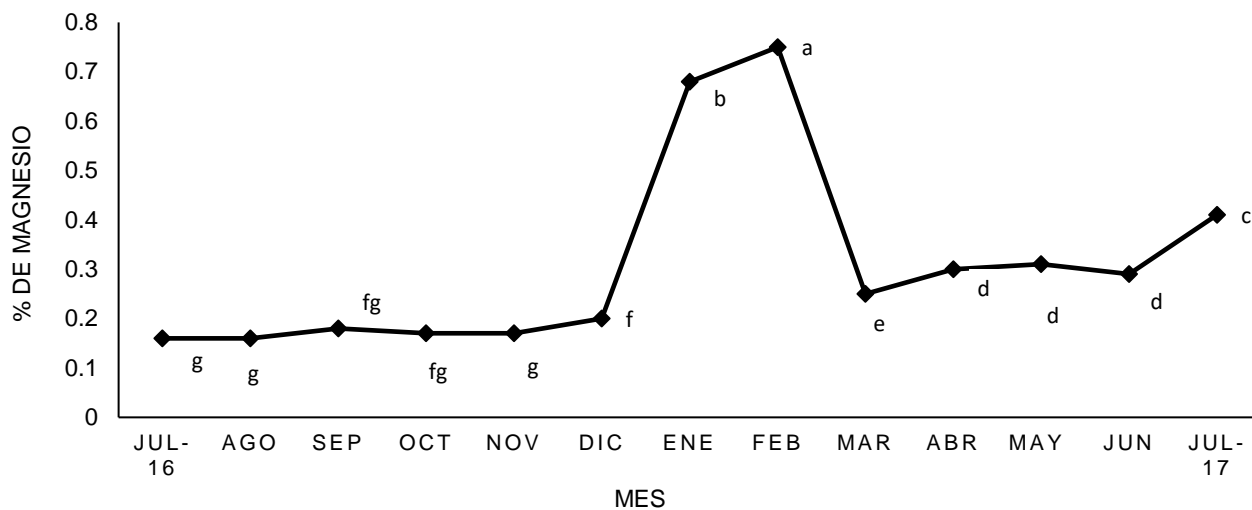
En la figura 4 se observan las concentraciones de calcio en área foliar, las cuales mostraron diferentes grupos estadísticos entre fecha de muestreo. Las concentraciones más bajas se presentaron entre los meses de octubre a enero, tiempo que osciló de 0.4 a 0.6 %; estas concentraciones se vieron afectadas ya que dicho elemento después del potasio es de gran demanda en la producción de fruto, meses en los cuales se presentaron los rendimientos más elevados.



**Figura 4.** Variación estacional de la concentración de calcio foliar en los meses evaluados en el huerto de limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka) del ejido de La labor; Nayarit. . Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey $\leq$  0.05).

#### 4.3.5. Magnesio.

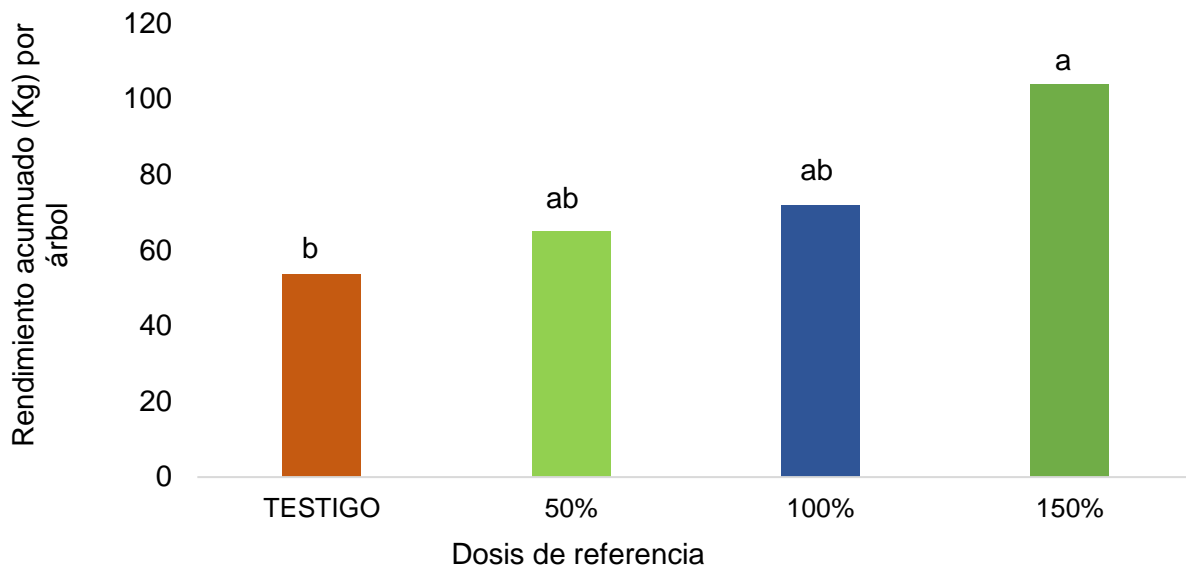
Las más altas concentraciones de magnesio se obtuvieron en el mes de febrero (0.75 %), esta alta concentración pudo ser ocasionada por la aplicación del 40 % de la fertilización que se realizó mediante el fertirriego. Las concentraciones del resto de los meses fueron bajas debido a que es un elemento requerido para el crecimiento de frutos. Medina, (2000) menciona que en los cítricos las durante la etapa de floración y fructificación se produce una significativa translocación de magnesio hacia brotes y frutos.



**Figura 5.** Variación estacional de la concentración de magnesio foliar en los meses evaluados en el huerto de limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka) del ejido de La labor; Nayarit. . Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey $\leq$  0.05).

### 5.1 Producción de fruto.

En la Figura 6 se muestra la agrupación estadística del rendimiento acumulado de las diferentes fechas de corte que se presentaron a partir de septiembre del año 2016 a septiembre del 2017. Los rendimientos más altos se presentaron en los tratamientos 2 y 4 (dosis con 50 y 150 % de fertilización de referencia) y el testigo presenta el valor más bajo de los cuatro tratamientos.



**Figura 6.** Rendimiento acumulado por árbol de limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka) del mes de julio del 2016 a septiembre del 2017 en el huerto del ejido La Labor, Nayarit, México. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey $\leq$  0.05).

Rebollado (2012) menciona que existen procesos fisiológicos que afectan la cantidad de frutos en los cítricos como el número de flores producidas y el porcentaje de frutos finalmente cuajado (fase de transición de flor (ovario) a fruto que se desarrollara hasta la madurez), porcentaje que se puede aumentar con hormonas o aplicaciones de boro.

## 6.1 Parámetros de calidad.

### 6.1.1 Peso del fruto.

En el cuadro 11 se observa que en cuatro de los nueve momentos de corte, el peso de fruto fue significativo, siendo el producto de la cosecha del 20 de febrero la de mayor presencia estadística ( $P\leq 0.01$ ); aunque a partir de esta fecha el peso fruto fue disminuyendo conforme al tiempo. en esta fecha el fruto alcanzó que de las diferentes

fechas de corte, el peso de fruto ocurridas durante la investigación, en tan solo una cosecha (20 de febrero) se presentó diferencia estadística obteniendo los valores más bajo en la dosis de 150 % de la fertilización. En cuanto a esta variable los valores bajos se presentaron en la misma dosis (150 %).

**Cuadro 11.** Peso del fruto de limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka) de las cosechas del huerto del ejido La Labor, Nayarit. México.

Tratamientos (% de la dosis 93:87:66)	Fechas de cosechas								
	03 de sept	25 de nov	20 de dic	3 de feb	20 de feb	7 de mar	27 de mar	27 de may	27 de junio
	g -----								
0	84.16	107.65	121.60	102.12	87.11ab	74.86a	73.73 0	71.07	60.87 b
50	98.72	120.77	136.8	113.10	89.89 a	72.02 ab	73.15	76.56	71.98 a
100	96.50	104.04	136.85	94.68	78.74 b	67.79 ab	78.93	74.54	68.28 ab
150	95.85	85.94	115.19	105.13	64.54 c	58.77 b	73.58	71.05	67.56 ab
Pr>F	0.56 <sup>NS</sup>	0.07 <sup>NS</sup>	0.027*	0.16 <sup>NS</sup>	0.001**	0.02*	0.39 <sup>NS</sup>	0.16 <sup>NS</sup>	0.022*
DMS	26.49	35.49	22.72	21.7	11.13	14.37	10.46	7.84	9.23
C.V (%)	19.46	22.50	11.778	14.19	9.24	13.9	9.48	7.25	9.32

NS=Diferencia estadística no significativa; \* = Diferencia estadística; DMS= Diferencia mínima significativa; C.V= Coeficiente de variación; Medias con la misma letra o literal entre hileras son iguales estadísticamente (Tukey $\leq$  0.05).

Mattos *et al.* (2005) en su investigación del impacto de la fertilización de nitrógeno y de potasio menciona que el exceso del nitrógeno en los cítricos lleva al consumo de lujo al árbol y esto puede ocasionar problemas negativos en la calidad del fruto principalmente en el tamaño, como se presenta en esta variable de la investigación.

### 6.1.2 Diámetro y longitud del fruto.

En esta variable si se presentaron diferencia estadísticas por tratamientos en las diferentes fechas en las que se evaluaron los frutos (Cuadro 12 y 13). El-diámetro ecuatorial los valores más altos (90.53 y 53.18 mm) los cuales se encuentran en la en el código del tamaño para limón Persa 1 y 2 (58-67 y 53-62 mm) establecido en la NMX-FF-0077-1966.

**Cuadro 12.** Diámetro ecuatorial del fruto de limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka) de las diferentes fechas de cosechas del huerto del ejido La Labor, Nayarit .México.

Tratamientos (% de la dosis 93:87:66)	Fechas de corte								
	03 de Septiembre	25 de Noviembre	20 de Diciembre	3 de Febrero	20 de Febrero	7 de Marzo	27 de Marzo	27 de Mayo	27 de Junio
	----- mm -----								
0	51.78	53.94	58.96 b	52.51	53.18 a	49.9	49.56	50.72	47.01
50	51.66	59.36	61.41 b	57.78	53.52 a	49.9	50.03	50.49	49.66
100	53.91	56.71	61.41 b	55.55	50.84a b	48.29	50.73	49.87	49.01
150	54.47	68.85	90.53 a	56.87	50.10 b	45.08	49.49	49.87	48.41
Pr>F	0.72 <sup>NS</sup>	0.23 <sup>NS</sup>	0.002*	0.29 <sup>NS</sup>	0.003*	0.13 <sup>NS</sup>	0.50 <sup>NS</sup>	0.72 <sup>NS</sup>	0.09 <sup>NS</sup>
DMS	8.48	20.5	23.75	7.85	2.73	6.24	2.48	2.53	2.88
C.V (%)	10.86	22.65	22.99	9.56	3.49	8.57	3.36	3.41	4.03

NS=Diferencia estadística no significativa; \* = Diferencia estadística; DMS= Diferencia mínima significativa; C.V= Coeficiente de variación; Medias con la misma letra o literal entre hileras son iguales estadísticamente (Tukey≤ 0.05).

Con las altas concentraciones de nitrógeno afectan negativamente el tamaño del fruto lo reporta, Aboutalebi (2013) en su investigación con lima dulce (*Cítricos limmetta*) y tres diferentes concentraciones de nitrógeno en forma de sulfato de amonio (0. 250 y 500 g/planta<sup>-1</sup>) los resultados encontrados en este estudio coinciden con esta investigación presentando los valores más bajos en el tratamiento 4 ( dosis de 150 %) tanto para el diámetro ecuatorial como para el longitudinal (50.10 y 48.92 mm) en la fecha que se presentó una diferencia estadística.

**Cuadro 13.** Diámetro longitudinal del fruto de limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka) de las diferentes fechas de cosechas del huerto del ejido La Labor, Nayarit .México.

Tratamientos (% de la dosis 93:87:66)	Fechas de corte								
	03 de Septiembre	25 de Noviembre	20 de Diciembre	3 de Febrero	20 de Febrero	7 de Marzo	27 de Marzo	27 de Mayo	27 de Junio
	----- mm -----								
0	59.14	63.55	65.76	61.43	59.12	57.03 a	56.44	56.11	52.87
50	58.84	67.74	65.73	63.22	54.45	54.60 ab	54.31	57.24	54.65
100	65.49	63.89	65.73	63.72	63.72	53.87 ab	57.33	57.71	55.88
150	63.38	63.91	64.03	61.70	56.67	48.92 b	56.08	55.38	54.67
Pr>F	0.31 <sup>NS</sup>	0.70 <sup>NS</sup>	0.99 <sup>NS</sup>	0.82 <sup>NS</sup>	0.07 <sup>NS</sup>	0.05*	0.23 <sup>NS</sup>	0.34 <sup>NS</sup>	0.17 <sup>NS</sup>
DMS	11.35	11.35	18.13	8.10	9.70	7.82	4.02	3.85	3.60
C.V (%)	12.47	11.60	18.39	8.79	10.99	9.69	4.86	4.61	4.48

NS=Diferencia estadística no significativa; \* = Diferencia estadística; DMS= Diferencia mínima significativa; C.V= Coeficiente de variación; Medias con la misma letra o literal entre hileras son iguales estadísticamente (Tukey $\leq$  0.05).

### 6.1.3 Cantidad de jugo.

En el cuadro 14 se observa la variable cantidad de jugo que tuvieron los frutos en los diferentes tratamientos de las diferentes fechas de cosecha, presentando deferencia significativa en las fechas de diciembre y febrero con la menor cantidad de jugo en el tratamiento 4 el cual tenía las cantidades más elevadas de fertilización (150 %) considerando que el potasio, es el catión que su efecto en cítricos es especialmente relevante en el fruto.



**Cuadro 14.** Cantidad de jugo extraído de los fruto de limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka) de las diferentes fechas cosechas del huerto del ejido La Labor, Nayarit .México.

tratami ento	Fechas de corte								
	03 de Septiemb re	25 de Noviembr e	20 de Diciembr e	3 de Febrero	20 de Febrero	7 de Marzo	27 de Marzo	27 de Mayo	27 de Junio
	----- ml -----								
0	41.07	46.83	54.00 b	48.42	39.16 b	33.41	31.71	29.71	29.50
50	46.92	55.71	65.28 a	56.85	48.07 a	32.42	34.35	36.71	29.50
100	46.50	49.64	65.28 a	48.28	38.35 b	30.78	36.42	34.57	35.00
150	46.50	46.78	53.14 b	52.42	38.28 b	29.07	32.35	30.64	33.00
Pr>F	0.75 <sup>NS</sup>	0.46 <sup>NS</sup>	0.004*	0.18 <sup>NS</sup>	0.007*	0.36 <sup>NS</sup>	0.16 <sup>NS</sup>	0.15 <sup>NS</sup>	0.33 <sup>NS</sup>
DMS	17.12	17.68	11.16	12.044	8.36	7.01	6.09	9.371	8.22
C.V (%)	25.66	23.50	12.39	15.86	13.49	14.82	12.24	19.31	17.08

NS=Diferencia estadística no significativa; \* = Diferencia estadística; DMS= Diferencia mínima significativa; C.V= Coeficiente de variación; Medias con la misma letra o literal entre hileras son iguales estadísticamente (Tukey $\leq$  0.05).

Davies y Albrigo (1994) citado por Opazo *et al.* (2001) menciona que con el aumento de los niveles de potasio el contenido de jugo disminuye levemente en cítricos.

En otro estudio que mencionado por Alva *et al.* (2006) donde se aplicaron tres dosis de potasio (95, 190 y 320 kg ha<sup>-1</sup> año) en árboles de limón el parámetro de jugo no presentaron gran respuesta a las diferentes tasas de este catión. Presentando similitud en esta investigación que a pesar de las diferentes cantidades de la fertilización no presentaron una diferencia numéricamente elevada.

El nitrógeno no es un nutrimento que influya en esta variable, estudios realizados en florida con diferentes variedades de naranjas con tres tasas de este nutrimento (168, 224 y 280 kg ha<sup>-1</sup>año), el contenido de jugo no se vio significativamente influenciado por la fertilización (Paramasivam *et al.*, 2000).

#### 6.1.4 Sólidos Solubles Totales (°Brix).

En el cuadro 15 se observa que la variable de sólidos solubles totales no presento diferencia estadística en las diferentes fechas de corte y entre tratamientos de la investigación.

**Cuadro 15.** Sólidos Solubles Totales de los fruto de limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka) de las diferentes fechas cosechas del huerto del ejido La Labor, Nayarit .México.

Tratamientos (% de la dosis 93:87:66)	Fechas de corte								
	03 de Septiembre	25 de Noviembre	20 de Diciembre	3 de Febrero	20 de Febrero	7 de Marzo	27 de Marzo	27 de Mayo	27 de Junio
	----- ° Brix -----								
0	6.73	6.75	7.31	6.53	7.52	7.62	8.35	9.21	9.87
50	6.85	7.43	7.26	7.41	7.54	7.52	7.97	9.10	9.62
100	7.09	7.01	7.26	7.32	7.18	7.50	8.03	8.89	9.67
150	7.14	6.99	7.46	7.47	7.23	7.09	7.87	8.87	9.17
Pr>F	0.80 <sup>NS</sup>	0.53 <sup>NS</sup>	0.83 <sup>NS</sup>	0.09 <sup>NS</sup>	0.49 <sup>NS</sup>	0.65 <sup>NS</sup>	0.25 <sup>NS</sup>	0.44 <sup>NS</sup>	0.20 <sup>NS</sup>
DMS	1.32	1.28	0.70	1.11	0.81	1.24	0.63	0.66	0.89
C.V (%)	12.91	12.05	6.37	10.53	7.35	11.08	5.36	4.99	6.30

NS=Diferencia estadística no significativa; \* = Diferencia estadística; DMS= Diferencia mínima significativa; C.V= Coeficiente de variación; Medias con la misma letra o literal entre hileras son iguales estadísticamente (Tukey $\leq$  0.05).

Quaggio *et al.* (2006) mencionan en su investigación con naranja dulces con las diferentes concentraciones de fertilizantes: nitrógeno (30, 100, 170 y 240) fósforo (9, 27, 45 y 63) y potasio (25, 91, 157y 223) kg · ha<sup>-1</sup> · año<sup>-1</sup> que el aumento de tamaño de los frutos ocasiona una disminución de los sólidos solubles totales y del porcentaje del jugo. En esta investigación al no tener un aumento significativo del tamaño del fruto tanto en los diámetros (ecuatorial y longitudinal) (Cuadros 4 y 5) y en el peso del fruto (Cuadro 3) ocasiono estos resultados en esta variable.

La diferencia de concentraciones de nutrimentos ocasiona interacciones entre ellos principalmente de nitrógeno y potasio pudiendo causar efectos en los valores de sólidos solubles totales, con niveles altos de nitrógeno y bajos de potasio aumentan el contenido de sólidos solubles totales ( Almeida y Baumgartner, 2002), en el caso de esta investigación al tener concentraciones baja en estos elementos mencionados por Reuther y Smith (1954) y corroborado por otros autores no se vio afectada esta variable. Los valores obtenidos de sólidos solubles en las diferentes fechas de cosecha se encontraron en los rangos óptimos para los que exige la industria para limón Persa (Dorado et al., 2015)

### 6.1.5 Color.

El color es determinado por la luminosidad (L), °hue (°h) denota un ángulo en medición polar y croma (C), en la investigación presento diferencia significativa en luminosidad (L) y croma (C), los frutos en la investigación no tuvieron efecto por los diferentes tratamientos en el °h presentando la misma tonalidad de verde.

**Cuadro 16.** Color de los fruto de limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka) de las diferentes fechas cosechas del huerto del ejido La Labor, Nayarit .México.

tratamientos (% de la dosis 93:87:66)	L	C	°h
0	55.20 a	35.77 a	180.40 a
50	53.28 ab	33.84 b	180.24 a
100	52.81 b	34.25 ab	180.38 a
150	53.39 ab	34.30 ab	180.75 a
Pr>F	0.007*	0.0001*	0.058 <sup>NS</sup>
DMS	2.18	1.52	1.01
C.V (%)	8.74	9.48	1.20

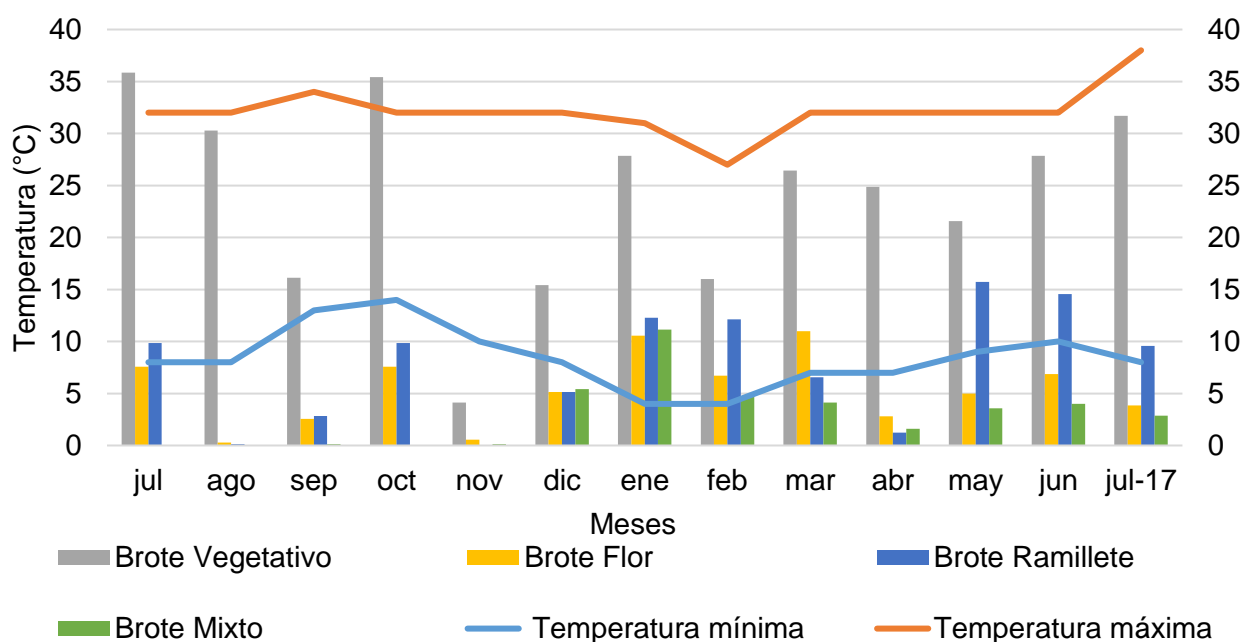
C.V. coeficiente de variación, DMS. Diferencia mínima significativa; Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ). NS= Diferencia estadística no significativa.

## 7.1. Relación del número de brotes vegetativos y reproductivos con las temperaturas máximas y mínimas de los meses evaluados en los tratamientos.

### 7.1.1. Sin fertilización (Testigo).

Las temperaturas mínimas que se presentaron en los meses evaluados oscilaron entre 4 y 14 °C y las máximas entre 27 y 38°C. En los meses de enero y febrero presentaron las temperaturas más bajas obteniendo el mayor número de brotes reproductivos (flor solitaria, ramillete y mixtos) sobresaliendo los brotes de ramillete en ambos meses (Figura 7).

Las temperaturas altas en los árboles del tratamiento testigo tuvieron efecto en el número de brotes vegetativos en los meses evaluados, excepto en el mes de noviembre, donde se obtuvo el menor número de este tipo de brotes (Figura 7).

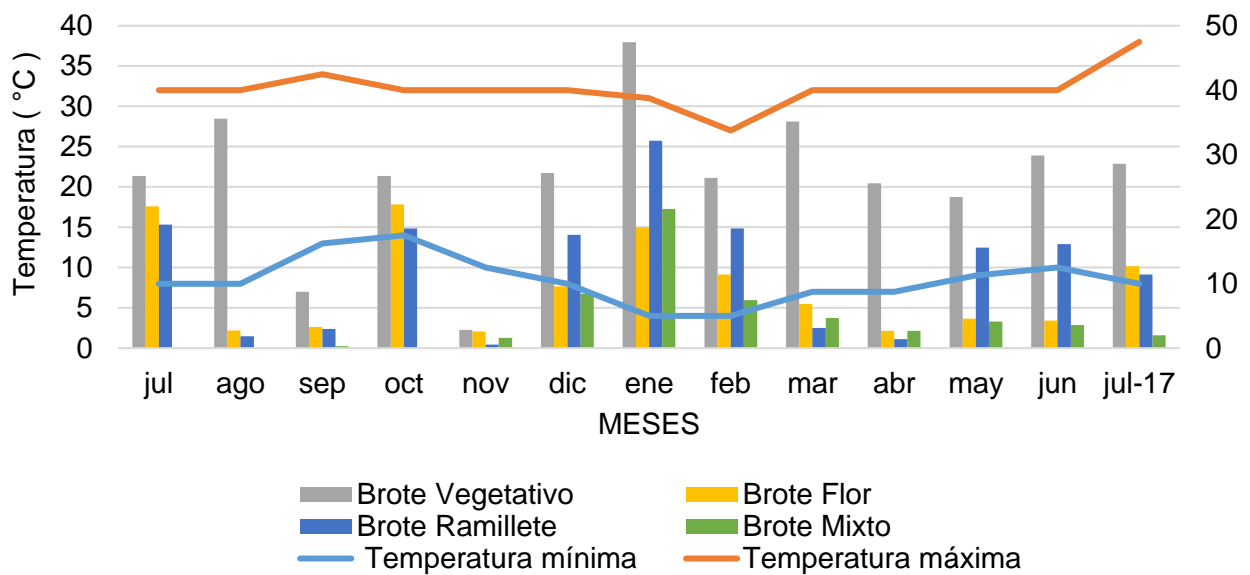


**Figura 7.** Relación de las temperaturas mínimas y máximas de los meses evaluados con el número de brotes vegetativos y reproductivos de limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka), en el huerto del ejido de La labor; Nayarit; en el tratamiento testigo.

### 7.1.2. Dosis del 50 %.

En la figura 8 se presenta la influencia de las temperaturas máximas y mínimas en el número de brotes reproductivos con el tratamiento de 50 %. Los brotes reproductivos de ramillete se presentaron en mayor cantidad en los meses (enero y febrero) donde se presentan las temperaturas más bajas (4 °C) de los meses evaluados.

El mayor número de brotes vegetativos se obtuvo también en el mes de enero, influyendo la temperatura de (32 ° C).

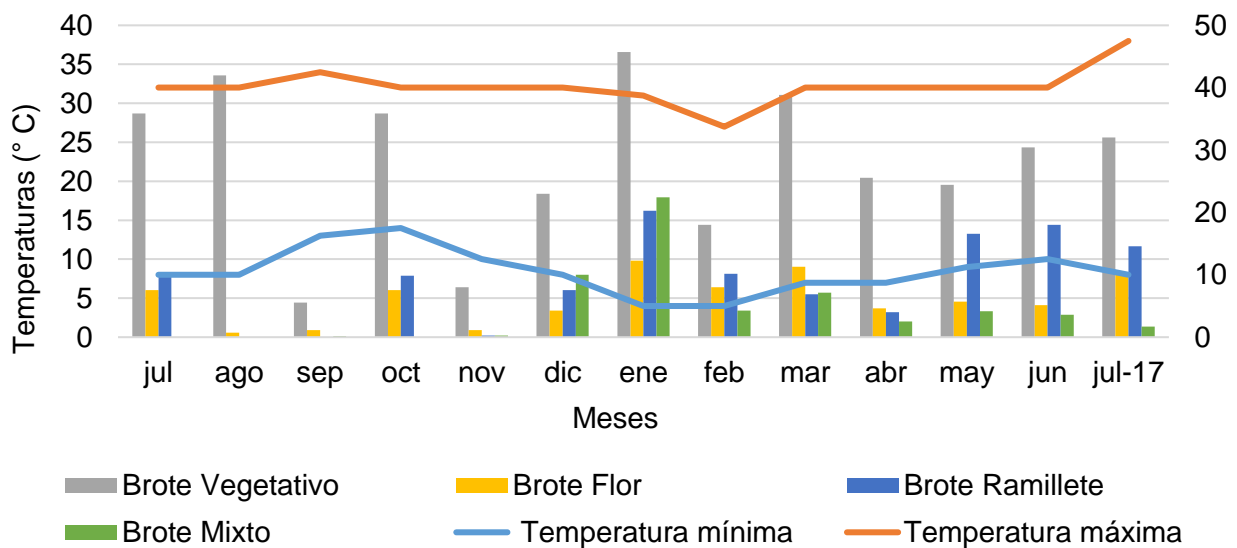


**Figura 8.** Relación de las temperaturas mínimas y máximas mensuales con el número de brotes vegetativos y reproductivos de limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka), en el huerto del ejido de La labor; Nayarit; en el tratamiento con 50% de la fertilización.

### 7.1.3. Tratamiento de referencia 100 %.

En los árboles de con la dosis de referencia 100 % por efecto de las temperaturas máximas obtuvieron la mayor cantidad de brotes vegetativos en el mes de enero.

De lo tipos de brotes reproductivos (flor, ramillete y mixto) en el tratamiento de referencia (100%), el brote reproductivo mixto se presentó en mayor cantidad en los meses de enero donde se presentaron las temperaturas mínimas (4 °C) (Figura 9).

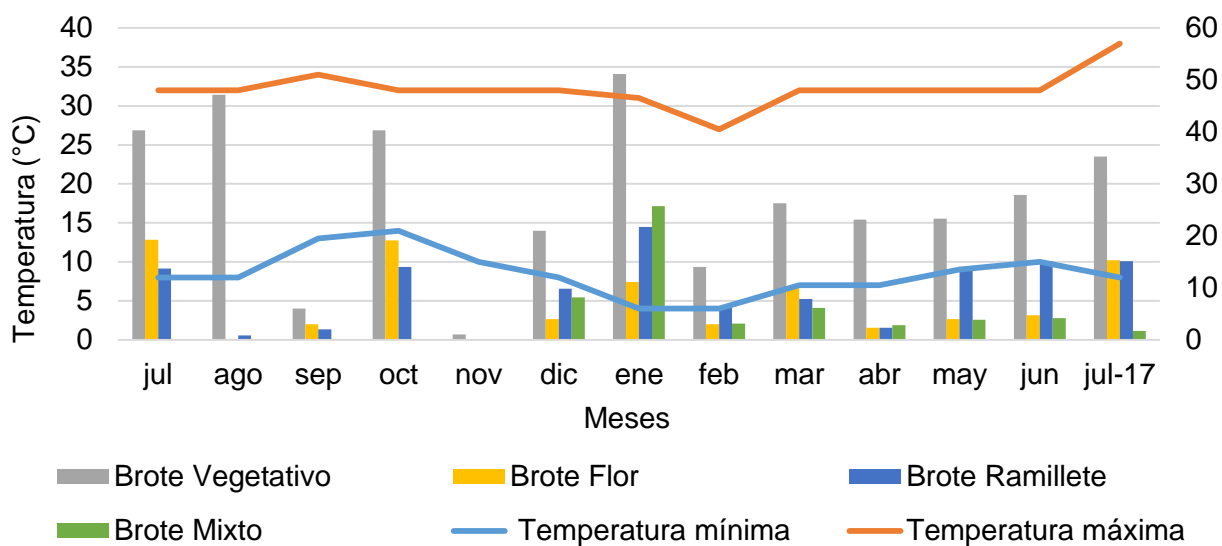


**Figura 9.** Relación de las temperaturas mínimas y máximas mensuales con el número de brotes vegetativos y reproductivos de limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka), en el huerto del ejido de La labor; Nayarit; en el tratamiento con 100% de la fertilización.

### 7.1.4. Tratamiento del 150 %.

De los meses evaluados (julio-febrero) el mes de enero presentó la temperatura mínima 4°C obteniendo el mayor número de brotes reproductivos mixtos con el tratamiento de 150 %. En los meses en que se presentaron las temperaturas mínimas 8-13°C no existió presencia de este tipo de brote.

En los meses evaluados las temperaturas máximas influyeron en la cantidad de brotes vegetativos, mostrando el mayor número de brotes en el mes de enero (Figura 10).



**Figura 10.** Relación de las temperaturas mínimas y máximas mensuales con el número de brotes vegetativos y reproductivos de limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka), en el huerto del ejido de La labor; Nayarit; en el tratamiento con 150% de la fertilización

### 8.1. Discusión del número de brotes por efecto de tratamientos y la relación con las temperaturas.

La cantidad de fertilizante aplicada a los árboles de limón Persa tuvo efecto en el tipo de brote que se presenta, en esta investigación hubo mayor presencia de brotes reproductivos con la dosis de 50 % en el mes de enero, García *et al.* (2008) menciona que con aplicaciones de fosfato de potasio monobásico en concentraciones de 0.5%, 0.75% y 1.0%, obteniendo la mejor respuesta de números de flores en ramas con la concentración de 0.5%. Almaguer *et al.* (2011) encontraron que la aplicación de urea 10% más fertilizante foliar 2 % con poda promovió la mayor aparición de flores en limón Persa. En lo referente a la influencia de la temperatura a la cantidad de brotes, Rodríguez y Fischer en 2007) mencionan que en los cítricos de zonas subtropicales el desarrollo y crecimiento de la planta es modificada por las temperaturas estacionales, con la disminución de temperatura en invierno se presenta la inducción floral, favoreciendo a mayor floración. En esta investigación los meses con las temperaturas mínimas de 4°C

presentaron la mayor cantidad de brotes florales, Gene y Galán, (2002) señalan que en cítricos temperaturas de mayores a 20°C inactivan la inducción de brotes florales. Cardenas y Rojas (2004) reporta que la floración de mango se presenta en los meses donde las temperaturas son bajas (diciembre a marzo).

## **V. CONCLUSIONES**

1. La dosis de fertilización generada con el enfoque de balance nutrimental, abastece la necesidad nutrimental del cultivo.
2. La calidad de fruto no se afecta con la dosis que se generó con este enfoque de fertilización.
3. La dosis del T2 Y T3 de la fertilización presentaron mayor número de brotes vegetativos, posiblemente por la mayor cantidad de nitrógeno.



## VI. LITERATURA CITADA

- Aboutalebi, A (2013) Effects of nitrogen and iron on sweet lime (*Citrus limmetta*) fruit quantity and quality in calcareous soils. *Journal Novel Applied Science*2 (8):211-213.
- Alcantar, G. G. y Sandoval, M. (1999). Manual de análisis de químico de tejido vegetal. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. Publicación especial 20. Sociedad mexicana de la Ciencia del suelo. Chapingo, Estado de Mexico
- Alayón L. P.; yfran, E.; Chabbal M.M.; Mazza J. M.D.; Rodríguez da Silva, R. S. y Martínez B. G. C. (2015). Efecto de inyecciones nutritivas al tronco en la productividad de naranja valencia. *Cultivos Tropicales*, 36(2), 142-147.
- Alayón Luaces, Paula, Rodríguez, Víctor Antonio, Píccoli, Analia Beatriz, Chabbal, Marco Daniel, Giménez, Laura Itati, & Cristina Martínez, Gloria. (2014). Fertilización foliar con macronutrientes a plantas de naranja Valencia late (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) y tangor Murcott (*Citrus reticulata* Blanco x *Citrus sinensis* (L.) Osbeck). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 46(1)
- Alejo-santiago, G., Luna-Equivel, G., Salcedo-Pérez E., \*Sánchez-Hernández, R., & Aburto-González, C. A. (2015). *Litchi chinensis* Sapindaceae Litchi chinensis Sonn. *Ecosistemas Y Recursos Agropecuarios*, 2(4), 1–12.
- Almaguer-Vargas, G., Espinoza-Espinoza, J. R., y Quirós-García, J. L. (2011). Desfasamiento de cosecha de limón Persa. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 17(3), 197-205.

- Almenares Garlobo, Guillermo R, Pérez Hernández, María del C, Torres de la Noval, Walfredo, Varela Nualles, Mario, & Pavón Rosales, María I. (2015). Characterization of the vegetative development and its relationship with fruiting and production of orange trees [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck]. *Cultivos Tropicales*, 36(2), 56-61.
- Almeida, M.C. y Baumgartner, J. G. (2002). Efeitos da adubação nitrogenada e potássica na produção e na qualidade de frutos de laranjeira-‘valência’. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal - SP, v. 24, n. 1, p. 282-284.
- AVITIA, G.E.; PINEDA, P.J.; CASTILLO, G. A. M.; TREJO, T.L.I. Y CORONA, T. (2014). Extracción nutrimental en fresa (*Fragaria x ananassa Duch.*)\*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(3), 519–524.
- Azofeifa, Á. y Moreira, M. A. (2005). Absorción y distribución de nutrimentos en la planta de chile dulce (*Capsicum annuum* cv. ucr 589) en alajuela, Costa Rica. *Agronomía costarricense*, 29(1), 77–84.
- Martínez, G. (2014). Fertilización foliar con macronutrientes a plantas de naranja Valencia late (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) y tangor Murcott (*Citrus reticulata* Blanco x *Citrus sinensis* (L.) Osbeck). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 46(1), 0-0
- Alva, A. K., Mattos, Jr. D., Paramasivam, S., Patil, B., Dou, H. y Sajwan, K. S. (2006). Potassium Management for Optimizing Citrus Production and Quality. *International Journal of Fruit Science*, Vol. 6(1)

- Benito, A., y Ruiz, R. (1975). Prospección nutricional de cítricos en las provincias de Santiago, O'Higgins y Colchagua. *Agricultura Técnica*, 35(2).
- Cárdenas, K., & Rojas, E. (2003). Efecto del paclobutrazol y los nitratos de potasio y calcio sobre el desarrollo del mango 'Tommy Atkins'. *Bioagro*, 15(2), 83-90.
- Carminati, A. M. y Baumgartner, G. J. (2002). Efeitos da adubação nitrogenada e potássica na produção e na qualidade de frutos de laranjeira-'valência'. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal - SP, v. 24, n. 1, p. 282-284.
- Chen, H. and Huang, H. 2001. China Litchi Industry: Development, achievements and problems. *Acta Hort.* 558:31-39.
- Contreras, M.E.; Almaguer, V.G.; Ezpinoza, E.R. Y Álvarez, S.E. (2007). Distribución de materia seca y nutrimentos en árboles de limón "Persa" (*Citrus latifolia* Tan.) en Veracruz, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 13(1):77-85.
- Curti D, S. A., X. Loredo Salazar, U. Díaz Zorrilla, J. A. Sandoval R. J. Hernández H. 2000. Tecnología para producir limón Persa INIFAP-CIRGOC. Campo Experimental Ixtacuaco. Libro Técnico 8. Veracruz, México.
- García, O. J., Duéñez, E. Y., Fischer, G., Chaves, B., y Quintero, O. C. (2008). El cuajamiento de frutos de feijoa (*Acca sellowiana* [O. Berg] Burret) en respuesta a nitrato de potasio, fosfato de potasio y ethephon. *Agronomía Colombiana*, 26(2), 217.

Gene Albrigo, L., & Galán Saúco, V. (2002, August). Flower bud induction, flowering and fruit-set of some tropical and subtropical fruit tree crops with special reference to citrus. In *XXVI International Horticultural Congress: Citrus and Other Subtropical and Tropical Fruit Crops: Issues, Advances and 632* (pp. 81-90).

Davies, F., and G. Albrigo. (1994). Citrus. 254 p. CAB International, Wallingford, United Kingdom.

Díaz, A. C.; garay, J.P.; Montiel, O.; Sánchez, R. U; Utrera, D. L. y Jiménez, J. C. (2013). Niveles de poda para incrementar el rendimiento y calidad de fruto del limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka), en Jareros Mpio. Úrsulo Galván, Veracruz. Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, A.C. e Instituto

Dorado, G, D., Grajales, L. C., y Ríos Rojas, L. (2015). Efecto del riego y la fertilización sobre el rendimiento y la calidad de la fruta de lima ácida Tahití *Citrus latifolia* Tanaka (Rutaceae).

Etchevers, B. J.D. (2000). Técnicas de diagnóstico útiles en la medición de la fertilidad del suelo y el estado nutrimental de los cultivos. Terra, pp. 209-219.

González, C. F; 2011. Compilación bibliográfica del limón Persa (*Citrus latifolia*). Universidad de Veracruz, Facultad de ciencias Químicas, Orizaba Veracruz.

- Herbert Ruíz, M. 1, Mora Flores, J. S. 2, Martínez Damián, M. Á. 3, & García Mata, R. (2010). IMPACTO ECONÓMICO DE LA LEY FEDERAL DE SANIDAD VEGETAL EN EL MERCADO MEXICANO DE LIMÓN PERSA\*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(3), 321–333.
- Legas, F., Quiñones, A., Alcantara, M. B. y Primo, M. E. (2008). Fertilización de los cítricos en riego a goteo ii: Mg y microelementos. *Levante agrícola* 1er trimestre.
- Maatouk, M.A., E.E. Ahmed y M.A. El-Sayed. (1990). Effect of nitrogen, potassium and phosphorus fertilization on yield and quality of Egyptian Balady lime trees (*Citrus aurantifolia*). *Vegetative growth and chemical composition of leaves. Ann. Agric. Sci., Ain-Shams Univ. (Egypt)* 33(2): 1233-1247.
- Maldonado, T. R., Almaguer, V. G., Álvares, S. M. y Robledo, S. E. (2008). Diagnostico nutrimental y validación d las dosis de la fertilización para el limón Persa. *Terra latinoamericana*, 26(A), 341 – 349.
- Maldonado, t. r.; Etchevers, b. d.j.; Alcántar, g. g.; Rodríguez, a.j. y Colinas, l.m.t. (2001). Estado nutrimental del limón mexicano en suelos calcimorficos. *Terra*. Vol.19, Núm. 2, pp.163-174.
- Mattos, D., Quaggio, J. A. y Cantarella, H. (2005) Nitrogen and potassium fertilization impac fruit yield and quality of citrus. *Better crops with planFood* 89 (2): 17-19.
- María de las M., Yfran, M. de la M., Chabbal, M.D., Píccoli, A.B., Giménez, L.I., Rodríguez, V.A. y Martínez, G.C. (2017). Fertilización foliar con potasio, calcio y boro. Incidencia sobre la nutrición y calidad de frutos en mandarino 'nova'. *Cultivos Tropicales*, vol. 38, no. 4, pp. 22- 29.

- Medina Urrutia, V. M. 1, Zapiain Esparza, G. 2, Robles González, M. M. 1, Pérez Zamora, O. 1, Orozco Santos, M. 1, Timothy, W. 3, & Becerra Rodríguez, S. (2007). FENOLOGÍA, EFICIENCIA PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD DE FRUTA DE CULTIVRES DE NARANJO EN EL TRÓPICO SECO DE MÉXICO. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30(2), 133–143.
- Molina, E. (2000). Nutrición y fertilización de naranja. *Informaciones agronómicas* No. 40
- Monge, E., Val, J., Sanz, M., Blanco, A. y Montañés, L. (1994). Calcium as a nutrient for plants. The bitter pit in apple. *An. Estac. Exp. Aula Dei (Zaragoza)* 21(3): 189-201.
- Opazo A., José Domingo, y Razeto M., Bruno. (2001). Efecto de diferentes fertilizantes potásicos en el contenido foliar de nutrientes, producción y calidad de fruta en naranja cv. *Agricultura Técnica*, 61(4), 470-478.
- Palma, L.D.J.; Salgado, G.S.; Obrador, O.J.J.; Trijillo, N. A.; Lagunes, E. L.; Zavala, C. J.; Ruiz, B. A. y Carrera, m.m.a. (2002). Sistema integrado para recomendar dosis de fertilización en caña de azúcar (SIRDF). *Terra*. Vol.20. pag.347-358.
- Paramasivam, S., Alva A. K., Hostler, K. H., Easterwood, G. W. y Southwellb, J. S. (2000). Fruit Nutrient Accumulation of Four Orange Varieties During Fruit Development. *Journal of plant nutrition*, 23(3), 313-327
- Pérez, Z.O. y Orozco, R.J. (2004). Rendimiento y concentración nutrimental foliar de árboles de limón mexicano fertilizados con nitrógeno, fósforo y potasio. *Terra Latinoamericana*. Volumen 22 número 1. 99-108.
- Poerwanto, R. and Inoue, H. 1990. Effects of air and soil temperatures on flower development and morphology of satsuma mandarin. *J. Hort. Sci.* 65:739-745.

- Reuther, W. 1973. Climate and citrus behavior, p. 280-337, In: Reuther, W. (ed.).
- Platt, R.G. (1965). Leaf analysis on citrus fertilization. The California Citrograph 50. Riverside, CA.
- Quaggio J, Mattos Júnior D, Cantarella, H (2006) Fruit yield and quality of sweet oranges affected by nitrogen, phosphorus and potassium fertilization in tropical soils. *Fruits* 61(5):293-302.
- Quaggio, J., Mattos, D., Cantarella, H., Almeida, E. L. ., & Cardoso, S. A. . (2002). Lemon yield and fruit quality affected by NPK fertilization. *Scientia Horticulturae*, 96(1-4), 151–162.
- Reuther, W. y Smith, P. F. (1954). Fruit nutrition. Leaf and soil analysis in citrus orchards. N. E childers. Ed. Chap. 7.
- Robelledo, R. A. (2012). Fisiología de la floración y fructificación en los cítricos. Serie Lasallista Investigación y Ciencia. Capítulo 3.
- Rodríguez, S.J. 1993. La fertilización de los cultivos: Un método racional. Pontificia universidad católica de Chile .Faculta de agronomía. Santiago, Chile. 291pp.
- Rodríguez, V. A.; Martínez, G.C.; Mazza, S. M.; Píccoli, A. B. Y Avanza, M. M. (2006). Comportamiento de las concentraciones foliares de macroelementos en las plantas de naranja Valencia late fertilizadas con Zn, B y Mn. Universidad del norte, comunicaciones científicas y tecnológicas. A- 054.
- Rodríguez, J. O. O., y Fischer, G. (2007). Balance hídrico e influencia del estrés hídrico en la inducción y desarrollo floral de la mandarina 'Arrayana' en el piedemonte llanero de Colombia. *Agronomía Colombiana*, 25(2), 255-263.

- Sadeghian K., S.; Mejía M., B.; González O.; H. Acumulación de calcio, magnesio y azufre en los frutos de café (*Coffea arabica* L.) Variedad Castillo®. Revista Cenicafe 64 (1): 7-18. 2013).
- Sadeghian, K.S.; Mejía, M.B. Y Arcila, P.J. (2006). Composición elemental de fruto de café y extracción de nutrientes por las cosechas en la zona cafetera de Colombia. Cenicafe, 57(4), 251–261.
- Sistema de información Agroalimentaria y pesquera- Secretaria de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SIAP– SAGARPA). (2015). Delegación Estatal de Nayarit.
- Subhadrabandhu, S. and Yapwattanaphum, C. 2001. Regulation Off-season flowering of longan in Thailand. Acta Hort. 558:193-198.
- Torres, P., Aular, J., Renge, M., Montaña, J. y Rodríguez, Y. (2009). Correlación entre la calidad de la fruta del naranjo y los micronutrientes considerando el balance de los nutrientes a través de relaciones binarias. Revista UDO Agrícola 9 (1): 29-34.
- Ventura, U. F.; Salgado, G. S.; Castelán, E. M.; Palma, L. D.; Rivera, C.M. y Sánchez G. P. (2012), Métodos de interpretación del análisis nutrimental en naranja valencia (*Citrus sinensis* L. Osbeck). Terra Latinoamericana, vol. 30, núm. 2.
- White J. P. 2012. Long-distance Transport in the Xylem and Phloem. En: Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. Elsevier. 49-70. Pp.
- Zekri M, Obreza TA, Koo R. 2003. Irrigation, nutrition and citrus fruit quality. Fla. Coop. Ext. Serv. Doc. SL 207.