

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

ALTERNATIVAS DE MANEJO PARA EL CUAJE Y MADURACIÓN DEL LIMÓN PERSA EN ÉPOCA
SECA

TESIS DE GRADO

LUIS ALBERTO DE LEON GODINEZ

CARNET 20618-08

COATEPEQUE, NOVIEMBRE DE 2017
SEDE REGIONAL DE COATEPEQUE

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

ALTERNATIVAS DE MANEJO PARA EL CUAJE Y MADURACIÓN DEL LIMÓN PERSA EN ÉPOCA
SECA
TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR
LUIS ALBERTO DE LEON GODINEZ

PREVIO A CONFERÍRSELE
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES EN EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIADO

COATEPEQUE, NOVIEMBRE DE 2017
SEDE REGIONAL DE COATEPEQUE

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

LIC. CARLOS DANILO SANTIZO SOLLER

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. ERBERTO RAÚL ALFARO ORTIZ

ING. LUIS FELIPE CALDERON BRAN

ING. RÓMULO LEC JACINTO

Guatemala, 21 de Noviembre del 2017.

Honorable Consejo de
La Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente

Distinguido Miembro del Consejo:

Por este medio hago constar que he procedido a revisar el Informe Final de Tesis del estudiante: Luis Alberto De León Godínez, quien se identifica con carné 20618-08, titulado: ALTERNATIVAS DE MANEJO PARTA EL CUAJE Y MADURACIÓN DEL LIMÓN PERSA EN ÉPOCA SECA, el cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad para ser aprobado, por la terna que designe el Honorable Consejo de la Facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Ing. Agr. Carlos Danilo Santizo Soller
Colegiado No. 1006



Universidad
Rafael Landívar
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 06843-2017

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante LUIS ALBERTO DE LEON GODINEZ, Carnet 20618-08 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES, de la Sede de Coatepeque, que consta en el Acta No. 06168-2017 de fecha 4 de noviembre de 2017, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

ALTERNATIVAS DE MANEJO PARA EL CUAJE Y MADURACIÓN DEL LIMÓN PERSA EN
ÉPOCA SECA

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 20 días del mes de noviembre del año 2017.



MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA, SECRETARIO
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar

AGRADECIMIENTOS

A:

Dios que siempre está conmigo que me dio la vida, la bendición de superarme y quien me regala sabiduría para llegar al final de esta carrera.

Mis padres por los consejos, sacrificios y apoyo que siempre me han dado.

Mis hermanos por su apoyo incondicional en todo momento.

Familiares y amigos en general por compartir conmigo en todo momento.

El Instituto Técnico Agrícola Coatepéque ITAC por el tiempo brindado y el apoyo para poder culminar mis estudios.

La Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas por ser parte de mi formación.

Ing. Carlos Danilo Santizo Soller, por su asesoría, revisión y corrección de la presente investigación.

Ing. Leonel Alfonso Solís Mazariegos, por brindarme su apoyo necesario para desarrollar la presente investigación.

Ing. Luis Calderón, Ing. Rómulo Lec, Ing. Raúl Alfaro, por sus apoyos, asesorías, revisiones y correcciones de la presente investigación.

A todos los que de alguna manera han sido parte en este proceso de mi vida.

DEDICATORIA

A:

Dios: Quien siempre esta conmigo me da su infinito amor, fortaleza, sabiduría para superar mis etapas de mi vida y me bendice con las personas que me rodean.

Mis Padres: Luis Heberto de Leon Vásquez e Irma Yolanda Godínez de de Leon, quienes siempre han estado conmigo en todo momento, por brindarme su amor y apoyo ya que sin medir esfuerzo se han sacrificado en educarme.

A Mis Abuelos: Con amor fraternal.

A Mis Hermanos: Rolando Alberto, María Fernanda, por su apoyo en todo momento, pues mi triunfo es también el de ellos.

A Mis Sobrinos: Fátima Monserrath, Iker Josué que mi triunfo sea un ejemplo para ellos.

A Mi Madrina: Licda. Carmen Ellgutter Figueroa agradecimiento por su apoyo incondicional.

Mis Tíos: Por sus consejos y apoyo.

Mis Primos: Con mucho cariño y aprecio.

Mis Amigos: Por su gratos momentos que siempre hemos compartido.

A Mis Centros de Estudio: templo del saber, como testimonio y eterno agradecimiento por haberme permitido poder formarme en sus aulas y obtener el conocimiento que hoy poseo.

Al Centro de Práctica: Agradezco la colaboración al Instituto Técnico Agrícola Coatepéque ITAC que me brindaron la oportunidad de realizar mi investigación.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	2
2.1 Antecedentes	2
2.2 CULTIVO DEL LIMON PERSA (<i>Citrus latifolia</i> , T)	4
2.2.1 Origen y descripción	4
2.2.2 Clasificación botánica	5
2.2.3 Aspectos técnicos del cultivo	6
2.2.4 Situación del limón persa en Guatemala	7
2.2.4.1 Zona de producción	7
2.2.4.2 Dificultades técnicas	8
2.3 Acciones para incrementar la producción en limón persa	9
2.3.1 Floración	9
2.3.2 Factores que controlan la floración	10
2.3.3 Inducción floral	10
2.4 Características técnicas de los productos a utilizar	11
2.4.1 Boro	11
2.4.1.1 Funciones fisiológicas del Boro	12
2.4.2 Alga marina <i>Ascophyllum nodosum</i> (Rockweed)	14
2.4.2.1 Importancia de las algas en la agricultura	15
2.4.2.2 Extractos de algas marinas	15
2.4.2.3 Algui- Max	17
2.4.2.4 Composición Química	17
2.4.3 Incisión de rama	18
2.4.3.1 Otras dos casos en que la incisión puede ser de utilidad	18
2.4.3.2 Fundamentos Fisiológicos	19
2.4.3.3 Efectos de la incisión	19
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	20
3.2 JUSTIFICACIÓN	20

IV. OBJETIVOS	22
4.1 General	22
4.2 Específicos	22
V. HIPÓTESIS	23
VI. METODOLOGÍA	24
6.1 Localización del área de estudio	24
6.2 Material experimental	25
6.3 Factor a estudiar	25
6.4 Descripción de los tratamientos	25
6.5 Diseño experimental	26
6.6 Modelo estadístico	26
6.7 Unidad experimental	26
6.8 Croquis de Campo	27
6.9 Manejo del experimento	28
6.10 Variable de respuesta	29
6.11 Análisis de la información	30
6.11.1 Análisis estadístico	30
6.11.2 Análisis económico	30
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
7.1. Diámetro de fruto	31
7.2 Curva de crecimiento de fruto y días a cosecha	34
7.3 Caída de frutos	35
7.4 Retención final de frutos	38
7.5 Peso de frutos	40
7.6 Carga frutal y productividad	43
7.7 Rendimiento en t/ha.	44
7.8 Análisis económico	46
VIII. CONCLUSIONES	49
IX. RECOMENDACIONES	50
X. BIBLIOGRAFÍA	51

XI. ANEXOS	56
XII. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	57
XIII. ANALISIS ESTADISTICO	58

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Composición química.	17
2. Descripción de tratamientos.	26
3. Análisis de varianza, para el diámetro de fruto de limón persa para los distintos tratamientos.	31
4. Prueba de Tukey para el diámetro de fruto de limón persa para los distintos tratamientos.	32
5. Análisis de varianza para el número de frutos caídos para los distintos tratamientos.	35
6. Prueba de Tukey para el número de frutos caídos para los distintos tratamientos.	36
7. Análisis de varianza para la retención final de frutos en cada uno de los distintos tratamientos evaluados.	38
8. Prueba de Tukey para la retención final de frutos para los distintos tratamientos.	38
9. Análisis de varianza para el peso de frutos del limón persa.	40
10. Prueba de Tukey para el peso de frutos (g) en cada uno de los distintos tratamientos.	41
11. Análisis de varianza para el rendimiento en t/ha de frutos de limón persa.	45
12. Prueba de Tukey para el rendimiento en t/ha de frutos de limón persa.	45
13. Determinación del rendimiento real y ajustado, costo de producción, ingreso bruto e ingreso neto para cada uno de los tratamientos evaluados.	46
14. Determinación de rentabilidad.	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Croquis de distribución de los tratamientos a nivel de campo.	27
2. Diámetro de fruto de limón persa para los distintos tratamientos.	32
3. Curva de crecimiento en cm y de días a cosecha de limón persa.	34
4. Grafica de comportamiento de caída de frutos limón persa para los distintos tratamientos.	37
5. Retención final de frutos de limón persa para los distintos tratamientos.	39
6. Peso de frutos (g) para cada uno de los tratamientos evaluados.	42
7. Número de frutos cosechados en árboles limón persa por cm ² de ASTT en cada uno de los distintos tratamientos.	43
8. Kilogramos de fruta cosechada en árboles limón persa por cm ² de ASTT en cada uno de los distintos tratamientos.	44

ALTERNATIVAS DE MANEJO PARA EL CUAJE Y MADURACIÓN DEL LIMÓN PERSA EN EPOCA SECA

RESUMEN

El presente trabajo de tesis tuvo como finalidad incrementar el cuaje del limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka) bajo el efecto de la incisión de corteza, aplicación de boro y extractos de Algas marinas (*Ascophyllum nodosum*), bajo condiciones de campo en el Instituto Técnico de Agricultura Coatepéque, aldea Las Palmas, Coatepéque, Quetzaltenango. Para la investigación se utilizó el diseño experimental de bloques al azar, con 6 tratamientos y 4 repeticiones. Las variables evaluadas en fruto fueron: diámetro, curva de crecimiento, caída, retención final, peso, carga y productividad frutal, rendimiento en kg/ha y rentabilidad. Según los resultados obtenidos la combinación del tratamiento incisión de corteza (rayado) más 3.0 gr/litro de agua de Boro asperjado al árbol que tuvo los mejores resultados, por lo que se obtuvo un diámetro de 5.85 cm superando en un 50.54% al testigo, con una retención de 1300 frutos superando en un 52% al testigo, el peso de fruto fue de 98.33 gr con un 49% más que el testigo, la carga frutal fue de 3.6 frutos/cm² de ASTT y la productividad de 0.38 kg/cm² de ASTT, el rendimiento obtenido fue de 70.94 TM/ha, superando en un 113.29% al testigo y una rentabilidad de 451.73%. El crecimiento del fruto se ajusta a una curva de tipo sigmoidea simple y los días a cosecha fueron similares entre tratamientos.

I. INTRODUCCIÓN

En el mercado interno, los frutos de Limón Persa (*Citrus latifolia*, T.), que obtienen el mejor precio, son aquellos que se venden en el mercado en los meses de época seca. Durante la época de lluvias el precio disminuye bruscamente debido a la competencia con limones y limas acidas que hacen presencia y son buscadas para su consumo. Otro inconveniente que se presenta y en particular para el limón, es un tamaño adecuado, debido a que, por la falta de frutos, estos son cortados para su comercialización sin alcanzar el diámetro adecuado, por lo tanto, y aumentar el tamaño de los frutos permitiría mayores ingresos para el productor.

Los agricultores que se dedican a la producción de limón persa, no invierten en tecnología para mejorar el cultivo y obtener mejores rendimientos que les permita obtener mayores ingresos económicos, algunos emplean el estrés hídrico o las podas que ayuda a inducir la floración, pero descuidan aspectos importantes como la utilización de productos químicos o técnicas como la incisión o anillado de corteza,

La incisión de corteza y la aplicación de auxinas podrían influir positivamente sobre estos parámetros ya que estas técnicas pueden ayudar a incrementar el cuaje, acelerar el desarrollo del fruto, obtener un buen tamaño. La aplicación exógena de auxinas ayudaría a incrementar el tamaño. Con respecto al boro, al asperjar los árboles frutales con este elemento se han obtenido considerables aumentos en la cantidad de flores perfectas y cuajadas de frutos.

En la presente investigación se evaluó el efecto de seis tratamientos, químicos y mecánicos con el objetivo de brindar al agricultor una alternativa para incrementar el cuaje de flor del limón persa. La producción estuvo determinada por tres parámetros: la floración, el cuajado de flores y el tamaño de frutos, por lo que fue la combinación del tratamiento incisión de corteza (rayado) más 3.0 gr/litro de agua de Boro fue quien incremento el cuaje, permitió la mayor retención de frutos, un mayor diámetro, el mayor peso. Los días a cosecha fueron similares en todos los tratamientos.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

Guardiola (1992), en su estudio “Cuajado y crecimiento de frutos cítricos” determina que el cuajado y la retención de frutos, más que el número de flores, son normalmente los factores limitantes para una buena cosecha. Por lo tanto, estos factores son primordiales en la producción cítrica. Es más, poder manejar estos procesos, es el primer paso para controlar la producción final de los árboles (Agustí, Garcia-Mari y Guardiola, 1982).

Juan y Primo-Millo (1993), haciendo estudios sobre producción en cítricos determinaron. Desde el punto de vista de la fisiología de los cítricos, y dejando aparte, por tanto, los factores agronómicos y climáticos, la producción viene determinada por tres parámetros: la floración, el cuajado de las flores y el tamaño final de los frutos”

Gil, Pérez y Pszczolkowski (1982), demostraron que en vides se ha observado que la interrupción momentánea del flujo floemático una o dos semanas antes de floración, provoca un aumento de la cuaja. En nísperos, un rayado anticipado aumenta el cuajado de frutos, repercutiendo negativamente sobre el tamaño de estos y aumentando las necesidades de raleo, mientras que, si se retrasa, pierde progresivamente eficacia sobre el aumento del tamaño del fruto.

Gariglio, Castillo, Almela y Agusti (2002), en su estudio Técnicas para mejorar la calidad del fruto dice: “La incisión de corteza o rayado y la aplicación de auxinas serían prácticas que podrían influir positivamente sobre estos parámetros, como ha sido demostrado recientemente en España”.

Los objetivos del rayado son variados, Muñoz y Valenzuela (1983), señalan que en vid se puede aumentar la cuaja, aumentar el tamaño de las bayas, mejorar el color en variedades coloreadas y disminuir el desgrane en pos cosecha, según el momento en que se haga. Para los frutales de carozo, en especial duraznos y nectarinas, se logra un

aumento del tamaño final de los frutos, y una disminución en el número de cosechas necesarias para recolectar el total de la fruta (Quezada, 1993).

Hanson (1991), en su estudio: "Movimiento del boro en árboles frutales", determino que bajos niveles de boro pueden restringir la cuaja frutal, reducir la retención y desarrollo de frutos, y reducir la cosecha. Sin embargo, diversas especies responden positivamente a aplicaciones foliares de boro. Así, se logró aumentos de hasta un 100% en la cuaja frutal en guindo ácido incrementos productivos de un 20% en avellano europeo (Shrestha *et al.*, 1987) y considerables aumentos en la cantidad de flores perfectas y cuajado de frutos en olivos (Perica, Brown, Conne, Nyomora, Dordas y Hu, 2001).

Con respecto al boro, se postula que deficiencias de este nutriente en almendro determinan una menor viabilidad y germinación del polen, y una reducción en la tasa de desarrollo del tubo polínico (Nyomora *et al.*, 1997). Los síntomas de deficiencia en árboles frutales en general, son normalmente un mayor aborto floral y una cuaja imperfecta (Silva & Rodríguez, 1995).

Con el fin de mejorar la retención de los frutos y de reducir la caída pos cuaja, se han hecho estudios, principalmente basados en la aplicación de giberelinas en distintas épocas y estados fenológicos, en diferentes variedades de cítricos, obteniendo diversos resultados. Así, por ejemplo, tratamientos con ácido giberélico, aplicados en floración y cuaja, mejoran considerablemente el cuajado y reducen la abscisión de frutos (Agustí y Almela, 1992; Guardiola, 1992; Juan y Primo-Millo, 1993; Primo-Millo, 1994).

Agustí y Almela (1991), obtuvieron los mejores resultados en mandarinos e híbridos aplicando ácido giberélico en la época de caída de pétalos. Concentraciones entre 10 y 20 ppm son las más ampliamente utilizadas, lo que viene en función de la variedad, climatología anual y zona del cultivo

Agustí y Almela (1991), realizando estudios con giberelinas concluyen en lo siguiente: La aplicación de ácido giberélico aumenta el transporte de elementos minerales y foto asimilados al fruto en desarrollo. Sin embargo, también se han obtenido resultados negativos para aumentar la retención y cuaja de frutos, como, por ejemplo, en naranjos (Southwick y Davies, 1982) y en mandarinos que presentan una alta tasa de cuajado, como las variedades Hernandina y Marisol (Primo-Millo, 1994).

Las citoquininas en los cítricos se han relacionado con diversos procesos, como: el cuajado y crecimiento del fruto (Saidha, Gold Schmidt y Monselise 1985), el desarrollo de la cáscara (Erner, Goren y Monselise, 1976), el desarrollo vegetativo (Saidha et al., 1983), el transporte de carbohidratos desde las hojas al fruto (Kriedemann, 1968) y la fijación de CO₂ (Mauk, Bausher y Yelenosky, 1986), entre otros. Se ha demostrado en ovarios de naranjo que el contenido de citoquininas es máximo en el momento de la caída de pétalos y desciende progresivamente después (Saidha et al., 1985).

Estos máximos en los estados iniciales del desarrollo sugieren la participación de las citoquininas en la división celular del fruto, lo que significa su participación en el cuajado (Agustí y Almela, 1991). Este hecho viene corroborado por el mayor nivel de citoquininas encontrado en los frutos situados en brotes con hojas (Saidha et al., 1985), que son precisamente los que cuajan en mayor porcentaje y los que suelen producir frutos de cáscara más rugosa (Agustí & Almela, 1991).

2.2 CULTIVO DEL LIMON PERSA (*Citrus latifolia*, T)

2.2.1 Origen y descripción

Los cítricos se originaron hace unos 20 millones de años en el sudeste asiático. Desde entonces hasta ahora han sufrido numerosas modificaciones debidas a la selección natural e hibridaciones tanto naturales como producidas por el hombre. La dispersión de los cítricos desde sus lugares de origen se debió fundamentalmente a los grandes movimientos migratorios, conquistas de Alejandro Magno, expansión del islam, cruzadas y descubrimiento de América (AGEXPRONT, 2003).

Son introducidos por primera vez en Centroamérica por los religiosos españoles en la época colonial. Las primeras plantaciones a nivel comercial fueron establecidas en 1930, especialmente naranjas del tipo: Valencia, Washington, y otros cítricos como: mandarinas y limones (González, 1988).

El limón persa (*Citrus latifolia*) o Tahití lime como se le conoce en Estados Unidos, es una fruta relativamente nueva que aparece en los huertos de California en el siglo pasado, llevado presumiblemente por unos marineros desde la isla de Tahití, en Oceanía.

El árbol es de porte aparrado, con ramas inferiores que tienden a posarse sobre la tierra. Alcanza una altura de 6 a 7 m. y un diámetro de 5 a 6 m. Su tronco es corto y sus ramas crecen en varias direcciones por lo que es necesario realizar siempre poda de formación (PROFRUTA, 2003).

Los frutos sin semilla, son normalmente más grandes que los del limón nacional o "criollo", como se le llama. Aunque siempre son verdes, cuando están maduros tienen un color ligeramente amarillo y son blandos al tacto (PROFRUTA, 2003).

Es la especie de los cítricos más sensible al frío, ya que es la más tropical y presenta floración casi continua. Por lo que requiere para vegetar climas de tipo semi-tropical. En los climas tropicales, el limón persa crece y fructifica con normalidad, sin embargo, los frutos que produce no tienen buena calidad comercial, al ser demasiado gruesos y tener poca acidez, por ello en estas zonas se prefiere el cultivo de la limón criollo. El clima más adecuado para su cultivo es de tipo mediterráneo libre de heladas. Los períodos de sequía seguidos de precipitaciones juegan un importante papel en la floración (PROFRUTA, 2003).

El principal uso es el consumo en fresco, tanto para la elaboración casera de zumos y refrescos, como aliño o condimento para multitud de platos. En los últimos años se ha incrementado el uso industrial para la obtención de zumos naturales y concentrados, aceite esencial, pulpas, pectinas, flavonoides, entre otros y últimamente la producción

de ácido cítrico natural con destino a la confección de conservas naturales (PROFRUTA, 2003).

2.2.2 Clasificación botánica

Según Cronquist, citado por Orozco (2003), el limón persa, botánicamente, se clasifica de la siguiente manera:

Reino: Vegetal

Subreino: Embryobiontha

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Sapindales

Familia: Rutácea

Género: Citrus

Especie: *Citrus latifolia*

2.2.3 Aspectos técnicos del cultivo

Los últimos años se han caracterizado por el incremento en el área cultivada de limón persa (*C latifolia*) en Guatemala, aunque históricamente la preferencia ha sido el limón criollo. El cultivo ha sido estimulado por programas gubernamentales. Además, según AGEXPRONT (2003), este cultivo fue escogido por esta institución para integrar un proceso integral de diversificación agrícola, después de haber establecido condiciones favorables para su fomento.

El limón persa es un cultivo que se adapta a las regiones costeras y de boca costa, desde los 0 hasta unos 1500 m. Las características de rugosidad de la cáscara, así como de coloración, son obtenidas con mejores resultados en las zonas más bajas.

Para una buena plantación es necesaria una precipitación pluvial de unos 1500 a 2000 mm anuales, una temperatura media de 32 °C y una humedad relativa del 80% (AGEXPRONT, 2003).

Los suelos más adecuados son los suelos arenosos a levemente arcillosos, bien drenados, profundos y sin impedimento para penetración de las raíces. El pH ideal para el cultivo varía de 5.5 a 6.5. La topografía del terreno debe de ser plana a levemente ondulada” (Ramos, 2001).

El limón puede cultivarse en distintos climas, teniendo buena adaptación, pero en los climas cálidos se da la floración mejor distribuida a lo largo del año. Debido a la estacionalidad de las lluvias en la mayoría de plantaciones en donde se encuentra el limón en Guatemala, el equipo de riego suplementa los requerimientos de agua que pueda tener el cultivo durante la época seca (Ramos, 2001).

2.2.4 Situación del limón persa en Guatemala

2.2.4.1 Zonas de producción

La mayoría de plantaciones se encuentran situadas en la costa y boca costa del pacífico del país en los departamentos de Escuintla, Suchitepéquez, Retalhuleu, San Marcos y Santa Rosa, con plantaciones aisladas en el oriente del país, impulsado por la preferencia del mercado local por dicho tipo de limón, así como la industria del limón deshidratado que está destinado al mercado del Medio Oriente (MAGA, 2007).

También se encuentran importantes plantaciones en la cuenca del Río Polochic en el departamento de Alta Verapaz. Los datos oficiales sobre el área de cobertura, así como de producción no son exactos debido a que éstos no especifican el tipo de limón y solamente tienen los datos no segregados de dicho producto. La mayoría son medianos productores que no cuentan con volúmenes suficientes para la exportación. Es característico encontrar que ninguno de los productores tiene el limón persa como actividad principal en su finca y es muy difícil determinar los niveles de utilidad que se tienen debido a que muchas actividades, maquinaria y personal son compartidas con otros negocios dentro de la finca y muchas veces subsidiadas unas a otras (MAGA, 2007).

2.2.4.2 Dificultades técnicas

En Guatemala, las principales zonas de producción (Costa Pacífica y Cuenca del Polochic) se encuentran en lugares donde la precipitación estacional genera problemas fungosos, identificados por productores como principal problema para el cultivo de enfermedad, esto a pesar de que no han causado una merma significativa en la producción. En el caso del norte del país (Alta Verapaz) los problemas de hongos se acentúan aún más. Aunque los productores han encontrado medidas para mitigar el efecto de estas enfermedades, los costos para control de hongos se han elevado considerablemente (Montenegro, 2006).

La presencia de plagas ha sido fácilmente controlada por parte de los productores.

La principal dificultad técnica, ha sido la incapacidad de aumentar el volumen de producción en época seca para el aprovechamiento del ciclo de precios en el mercado, a pesar de contar con sistemas de riego. Esto se debe a las características del cultivo. La producción se concentra en aproximadamente un 70% en época lluviosa, y de un 30% en época seca, pero ninguno identificó una técnica lo suficientemente eficaz para romper con el ciclo de cultivo. Además, que el volumen mínimo sería de un contenedor, que, por su naturaleza de perecedero, debería de ser semanal, por lo que a pesar de que en término de un año la mayoría podría producir incluso varios contenedores, el volumen suficiente para exportar no se obtiene (Montenegro, 2006).

Solamente los productores más grandes identificaron el sistema de riego, a través del estrés hídrico, en conjunto con podas que variaron de acuerdo al lugar y las condiciones climáticas, como técnica que les da buenos resultados para la producción de época seca (Montenegro, 2006).

No se pudieron obtener datos exactos sobre el porcentaje producido en época de buen precio. No existe una investigación seria para determinar técnicas adecuadas adaptadas a las condiciones agroclimáticas de Guatemala y así poder producir un mayor porcentaje en época seca (precios altos). Los bajos precios en época de mayor

producción han promovido el desuso de cantidades recomendadas de fertilizantes y manejos técnicos, causando una merma en los rendimientos, convirtiéndose en un ciclo que arroja menores utilidades aún (Montenegro, 2006).

2.3 ACCIONES PARA INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN EN LIMÓN PERSA

2.3.1 Floración

Las condiciones ambientales no sólo determinan la época de brotación, también son responsables en gran parte, de la intensidad y distribución de la floración. Para que la floración ocurra deben suceder aspectos tales como déficits hídricos (Geat, 2007).

La floración se distribuye en distintos tipos: de brotes con hojas (mixto) y sin ellas (generativo). La presencia de hojas se muestra como factor importante en el cuaje, y se basa en su capacidad para sintetizar y exportar metabolitos al fruto en desarrollo. Mientras tiene lugar el desarrollo del brote sus hojas actúan como "sink" (genera un flujo hacia ella) reclamando metabolitos de otras partes de la planta, que a medida que madura se transforman en órganos de exportación, dando al brote un cierto grado de independencia en lo que a desarrollo de fruta respecta, generando una enorme ventaja respecto a los brotes sin hojas. El papel de las hojas no sólo se centra en su capacidad de proveer de azúcar al fruto. En las inflorescencias con hojas se ha detectado un mayor contenido en giberelinas endógenas que en las que no poseen hojas (Geat, 2007).

Cuando los contenidos endógenos de giberelinas son bajos, se produce una mayor brotación, y consecuentemente se tiene una mayor floración. Con los altos niveles de floración se produce un aumento de todos los brotes. La proporción de los brotes de tipo generativo es mayor a los de tipo mixto, y estos mayor a los brotes vegetativos (Geat, 2007).

La comparación de árboles con distintos niveles de floración ha demostrado que para las floraciones poco abundantes la mayor parte de los órganos reproductivos se desprenden en forma de fruto en desarrollo, correspondiente a la caída de junio, pero a

medida que aumenta la floración la caída de órganos se anticipa y es más intensa, llegando a ser la caída de flores la más importante porcentualmente. Por lo tanto, el porcentaje de flores que cuajan disminuye con el aumento de floración. La cosecha final entonces, no depende de la intensidad de la floración, dentro de los rangos normales de floración (Geat, 2007).

El porcentaje de frutos cuajadas está relacionado inversamente con el número de flores, por lo que el número de frutos permanece relativamente estable para un amplio rango de floración. Para el caso del naranjo Washington Navel se ha demostrado que la cosecha es máxima y no muestra relación con el número de flores, cuando el nivel de floración fluctúa entre 19.000 y 70.000 flores por árbol. Cuando el número de flores formado es inferior a 20 por 100 nudos, un aumento en la floración provoca un aumento en la cosecha (Geat, 2007).

2.3.2 Factores que controlan la floración

La presencia del fruto en el árbol modifica sensiblemente la floración. La cuantía de la cosecha precedente afecta la brotación y consecuentemente a la floración, de modo que existe un gradiente de brotación que disminuye con la productividad y cuando mayor es éste, menor es el porcentaje de estructuras florales sin hoja. La intensidad de floración también puede ser alterada por la permanencia de fruto en el árbol (retraso en la recolección), este aspecto es mucho más perceptible en aquellas especies con intensidades de floración bajas (Chávez, 1999).

2.3.3 Inducción floral

El objetivo de la inducción floral es obtener una mejor y abundante cosecha que se adecue a los meses o la época de mejores precios. En otros países se aplican en muchas áreas del cultivo de piña con productos a base de sal de sodio de la acumulación de auxinas naturales, en concentraciones de 25 ppm en 757 litros de agua/ha, este compuesto fue el agente original que se mencionó en utilizarse en la industria y que se empleó en las cosechas de retoños. En Puerto Rico en lugar de utilizar los anteriores productos mencionados se hacen aplicaciones de 2-4-D (hedonal)

en concentraciones de 5 a 10 ppm, sin embargo, el gas etileno aplicado en solución saturada de agua, rinde los resultados más congruentes y se utiliza más ampliamente que cualquiera de otros agentes, también se ha aplicado acetileno (Weaver, 1996).

Todos los productos que han sido mencionados tienen resultados eficientes y congruentes, pero el producto de mayor eficacia y menor problemas es el ácido 2 cloro etil-fosfónico, Ethrel, que a través de las dosis evaluadas y más accesibles a los productores se considera el de mayor recomendación para la inducción de la floración en el cultivo de la piña, por las experiencias realizadas por el autor antes mencionado en diferentes áreas donde se produce dicho cultivo, también hay investigaciones realizadas en cítricos como naranja Washington donde se han obtenido buenos resultados (Chávez, 1999).

2.4 CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS PRODUCTOS UTILIZADOS

2.4.1 Boro

El boro es el quinto elemento de la tabla periódica y es un metaloide trivalente que exhibe propiedades de metal y no metal. Se encuentra en la naturaleza como ácido ortobórico, colemanita, bórax y ulexita. El boro elemental es un sólido no reactivo, oscuro y amorfo. El boro actúa como electrófilo.

El Boro es uno de los micronutrientes esenciales para la producción vegetal. Actúa en las plantas en la división, diferenciación y elongación de las células de los tejidos meristemáticos. Aparentemente, el boro también regula el transporte de azúcar, metabolismo de los carbohidratos y proteínas en las plantas, las que necesitan un suministro continuo de este elemento en todos los puntos de crecimiento siendo un factor importante en la germinación del tubo polínico y por lo tanto, en el proceso de fertilización de flores, lo que garantiza un adecuado número de semillas en las vainas, lo que es importante para lograr un alto rendimiento de semillas y contenido de aceite del grano. El boro desempeña un importante papel en la regulación de la permeabilidad de la membrana, síntesis de la pared celular, respiración, hormona del metabolismo y regulación estomática (Lima, 1991).

Dentro de los requerimientos nutricionales de la sandía y el melón, el boro es un micro elemento indispensable ya que interviene en distintos procesos como son, floración, mejora del tamaño, la fertilidad y la germinación de los granos de polen, crecimiento de los tubos polínicos, aumento del nivel de néctar haciendo las flores más atractivas para las abejas, efecto positivo en el proceso de formación de semillas, y aumento en la calidad de los frutos (Lima, 1991).

En cultivos de melón y sandía, el aporte de boro junto al molibdeno, en los días previos al inicio de floración, ha demostrado ser una práctica que permite obtener mejores flores y una calidad superior de polen, asegurando, de esta manera un mayor porcentaje de cuajo y una clara mejoría en la calidad de frutos. Habitualmente esto se consigue mediante el uso de productos comerciales formulados a base de este micro elemento (EMBRAPA, 1999).

2.4.1.1 Funciones fisiológicas del boro

Las funciones fisiológicas del boro en la planta, son diversas entre estas se tiene: desempeña un papel esencial en el transporte de azúcares, en la síntesis de sacarosa, en el metabolismo de ácidos nucleicos, en la biosíntesis de carbohidratos, en la fotosíntesis, en el metabolismo proteico, en la síntesis y estabilidad de las paredes y membranas celulares (EMBRAPA, 1999).

Desempeña una función esencial en la polinización y cuajado de los frutos. Mejora el tamaño y la fertilidad de los granos de polen y tiene un importante papel en la germinación del polen y el crecimiento de los tubos polínicos. Las aplicaciones de boro mejoran la apetencia de los insectos polinizadores (abejas) por las flores, ya que resulta aumentado el nivel de néctar y se acorta la longitud del tubo de la corola, mostrándose las flores más atractivas para las abejas (Lima 1991).

También una correcta nutrición en boro facilita resistencia a gran número de enfermedades fúngicas, bacterianas, diversas virosis e incluso a insectos, al parecer por que el boro promueve la síntesis de leucocianidina que actúa como sustancia

inmunológica. También a factores climáticos (resistencia a daños causados por heladas).

Se ha visto como la deficiencia de boro provoca un aumento de cinco veces la cantidad de nicotina en la planta de tabaco. De forma similar, una correcta nutrición en boro aumenta los niveles de vitamina C y carotenos en la planta.

El boro tiene una influencia directa en la actividad de componentes específicos de la membrana celular, y por tanto es esencial para la estabilidad de la misma. En situaciones de deficiencia de boro, el plasmalema, membrana externa del citoplasma de las células de la raíz, se altera perjudicando la asimilación de fósforo, potasio y otros nutrientes (EMBRAPA, 1999).

El uracilo, que como hemos visto precisa boro para su síntesis, es el precursor de la UDPG (Uridin glucosa difosfato), que es una coenzima esencial en la formación de sacarosa, principal forma de transporte de los azúcares. Si se inhibe su síntesis, se ve afectada la translocación de los asimilados formados en las hojas (EMBRAPA, 1999).

La deficiencia de boro se asocia con alteraciones morfológicas y cambios en la diferenciación de tejidos, similares a los inducidos por niveles bajos o excesivos de AIA. Pero parece más probable, que las interacciones entre boro, AIA y la diferenciación de tejidos, sean una consecuencia de los efectos causados por el boro sobre el metabolismo de fenoles, los cuales se acumulan ante una deficiencia del elemento. Ciertos fenoles no sólo son inhibidores de la elongación de la raíz, sino que también inducen cambios morfológicos similares a niveles anormales de AIA (EMBRAPA, 1999).

El boro es necesario para la síntesis de las pectinas. Se puede observar que las paredes celulares presentan los más altos contenidos en boro (hasta el 50% del boro total de las plantas), principalmente complejado bajo la configuración cis-diol (Lima 1991).

La deficiencia de Boro provoca un oscurecimiento de los tejidos debido a una acumulación de compuestos fenólicos. En esta situación se ve impedida la oxidación de compuestos polifenólicos que conduce a la síntesis de lignina, por lo que las paredes celulares quedan debilitadas. La acumulación de compuestos fenólicos produce necrosis del tejido (Lima 1991).

Un aspecto general de la deficiencia en boro es el mal desarrollo de los tejidos meristemáticos, tanto a nivel de raíz como de los brotes. Los primeros síntomas reflejan dificultades en la división y desarrollo celular. Las células se dividen, pero la separación no se produce correctamente, con lo cual se presenta un desarrollo incompleto e irregular de las hojas, que aparecen distorsionadas, y una falta de elongación de los entrenudos (Lima 1991).

2.4.2 Alga marina *Ascophyllum nodosum* (Rockweed)

El *Ascophyllum nodosum* (Rockweed), es un alga marina parda que crece desde el círculo polar Ártico hasta el estado de New York en Norteamérica y, en un amplio rango de exposición a las olas sobre substratos estables (Baarsdeth, 1970). *Ascophyllum* se substituye o se mezcla con otras especies relacionadas (*Fucus* spp.) en las áreas más expuestas o cubiertas con hielo (Sharp, 1986). *Ascophyllum* se ha convertido en el alga marina comercial más importante de Canadá y, es el alga marina perennemente dominante en la zona intermareal rocosa en toda la costa atlántica de las provincias marítimas, donde forma extensas camas (Abetz, 1980).

Los brotes de esta alga marina nacen de un rizoide y desarrollan una estructura compleja de ramificación dicotómica y lateral. La planta tiene sexos separados (dioica), produciendo gametos a partir de las estructuras especializadas llamadas receptáculos. A medida que la marea sube, la planta emerge gracias a los sacos de aire (vesículas) en los brotes creando una canopia flotante. La mayoría de nuevos brotes nacen vegetativamente de los tejidos del rizoide basal existente. A medida que la planta crece, su disco basal comienza a fusionarse con los discos basales de las plantas adyacentes formando manojos.

La alta densidad de brotes ramificados en un grupo y la distribución de grupos en una cama, crean un hábitat complejo para los invertebrados y los peces durante el ciclo de la marea. Esto es un hábitat productivo; la producción anual de biomasa vegetativa varía entre 35% y 45% dependiendo de la exposición a las olas (Abetz, 1980).

2.4.2.1 Importancia de las algas en la agricultura

Según estudios de la Universidad de Chile, la vinculación entre las algas marinas y la agricultura es de vital importancia. Descubrieron el nexo y hoy trabajan minuciosamente porque se dieron cuenta que el mar representa una fuente de información genética única, ofreciendo abundantes recursos para la investigación y el desarrollo productivo de la zona sur (Blunden, 1991).

Los estudios indican que al aplicar al suelo algas marinas o sus derivados, sus enzimas provocan o activan en él reacciones de hidrólisis enzimáticas catalíticas reversibles, que las enzimas de los seres vivos que allí habitan, inclusive las raíces, no son capaces de hacer en forma notoria. Los científicos concluyen que en ningún lugar de la tierra existe una diversidad biológica tan grande como en los océanos.

Las algas marinas y sus derivados mejoran el suelo y vigorizan las plantas, incrementando los rendimientos y la calidad de las cosechas, por lo que en la medida que esta práctica se extienda irá sustituyendo el uso de los insumos químicos por orgánicos, favoreciendo así una agricultura sustentable. Las algas tienen mejores propiedades que los fertilizantes porque liberan más lentamente el nitrógeno, son ricas en micro elementos y no generan semillas de malezas.

2.4.2.2 Extractos de algas marinas

Mientras las algas por si solas no contribuyen al alimento total del suelo, sí son parte del cuadro completo del acondicionamiento del suelo ya que las trazas minerales presentes en los extractos de algas actúan como acondicionadores por estimulación de microorganismos en el suelo. Estos organismos a su vez estimulan los procesos

enzimáticos y necesarios para la salud del suelo y ayudan a los procesos de aireación (Blunden, 1991).

Además de la gran importancia de que el uso de algas puede modificar la tendencia actual de degradación del suelo que los agentes químicos causan, se trata de un fertilizante orgánico renovable, aspecto importante a considerar con respecto a las actividades agrícolas sostenibles con el medio ambiente.

Los extractos de alga también ayudan a resistir daños por enfermedad, insectos o condiciones de estrés, así como incrementar la producción, la resistencia a la escarcha, la absorción de nutrientes del suelo y la germinación de las semillas (Abetz, 1980; Meeting *et al.*, 1990; Blunden, 1991; Verkleij, 1992).

Otros estudios han demostrado que el contenido de clorofila y la capacidad fotosintética son más altos en plantas tratadas con el extracto, dando así una ventaja definitiva a las plantas tratadas sobre las no tratadas.

El tipo de algas más frecuentemente utilizadas como acondicionador de suelo proviene de cultivares en las aguas de Noruega y de Islandia, donde se desarrollan bajo condiciones ambientales desfavorables e inusuales. Las aguas calientes del golfo y las temperaturas árticas combinadas dan lugar a un lento crecimiento de las algas, que provoca altas concentraciones de hormonas promotoras del crecimiento y micronutrientes (Meeting *et al.*, 1990).

Las dosis y tiempos de aplicación de varios extractos de algas marinas han demostrado ser específicos para los diferentes cultivos y pueden producir resultados variados en los mismos. Sin embargo, las dosis varían entre 0,2 y 1,5 kilogramos de alga sólida por hectárea por aplicación. En muchos casos, la aplicación temprana de los extractos es muy eficaz para preparar las plantas contra las primeras altas temperaturas y para resistir enfermedades al mismo tiempo que ayudan a conseguir un rendimiento máximo. La aplicación tardía se usa mucho para retrasar la caída de la fruta, mejorar la calidad

después de la cosecha y mejorar el contenido de azúcar en la fruta. Otros beneficios obtenidos incluyen mejoras en el color de la fruta y en el tiempo de almacenaje (Meeting *et al.*, 1990).

2.4.2.3 Algui-Max®

Fertilizante líquido con extracto de algas marinas que contiene una parte orgánica natural, procedente de extracto de algas frescas. Aporta a las plantas macro y micro nutrientes, aminoácidos, hidratos de carbono, vitaminas y fitoreguladores (citoquininas, auxinas, giberelinas) (Agrotecnología orgánica, 2014).

Nutre y bioestimula las plantas, actuando en dos sentidos. Como fertilizante aporta los elementos nutritivos indispensables para el adecuado desarrollo y crecimiento de las plantas. Como bioestimulante natural promueve de forma eficaz la habilidad de la planta para la superación de situaciones de estrés ambiental.

Fortalece los mecanismos de defensa de la propia planta ayudando a la resistencia contra ataques de plagas y enfermedades. Induce e intensifica la floración, promoviendo el aumento en la producción de la fruta. Activa la formación y crecimiento de las raíces (enraizador) (Agrotecnología orgánica, 2014).

2.4.2.4 Composición química

Cuadro 1. Composición química Algui-Max® y su composición porcentual

Componente	Porcentaje
Extracto de Algas Marinas.....	8.00%
Nitrógeno (N)	2.00%
Fósforo (P ₂ O ₅)	8.00%
Potasio (K ₂ O).....	17.00%
Cobre (Cu)	0.10%
Hierro (Fe)	0.10%

Fuente: Agrotecnología orgánica (2014).

Auxinas = equivalente a 330 mg/kg de IBA

Citocininas = equivalente a 88 mg/kg de Zeatin

Giberelinas = equivalente a 25 mg/kg de GA₃

pH = 9.0 – 10.5

2.4.3 Incisión de rama

La incisión es una simple eliminación de corteza en el tronco de la planta, que sirve para estimular la brotación de una yema o grupo de yemas. Se utiliza en aquellos cultivos o variedades con dificultades para ramificar y ocupar espacios, o cuando queremos generar la brotación en un punto en especial (INTA, 2012).

El anillado consiste en la remoción de un cilindro completo de floema (corteza) alrededor de una rama o tronco, de un ancho variable (Noel, 1970; Burmester, 1982; Muñoz y Valenzuela, 1983), por lo que la doble incisión anular es la misma operación, sólo que mucho menos ancha, repetida dos veces y sin remover la corteza.

Esta práctica se efectúa con un serrucho, en forma superficial, afectando algo más que la corteza misma, a fines del invierno. Cuando se pretende generar un "piso" sobre el tronco, la incisión debe rodear a éste por completo (INTA, 2012).

2.4.3.1 Dos casos en que la incisión puede ser de utilidad

El primero se trata de situaciones en que no se ha podado la plantación para asegurar la emisión de ramas laterales. La incisión se efectúa antes de la brotación de la planta, sobre el tronco, por encima de la yema o grupo de yemas que queremos hacer brotar.

El segundo caso es el de plantas adultas, en las que hay un exceso de vigor y consecuente baja producción. En este caso, la incisión se efectúa sobre el tronco o ramas principales y tiene por objeto impedir por un tiempo el descenso de sustancias a las raíces, con lo cual retenemos su crecimiento

2.4.3.2 Fundamentos fisiológicos

El mecanismo fisiológico de acción del rayado se debe a la acumulación de carbohidratos y, por ende, una mayor disponibilidad de fotoasimilados para los órganos en desarrollo ubicados sobre el rayado. Asimismo, existe una alteración de la distribución de metabolitos y un desbalance fitohormonal endógeno, debido a la interrupción del flujo floemático, efectos que persisten mientras no se reestablezcan los tejidos dañados del floema (Burmester., 1982).

Esta operación incrementa los materiales elaborados por la planta y los promotores del crecimiento sobre la incisión (Lahav, Gefer y Zamet, 1971a) y detiene el movimiento de fotosintatos hacia las raíces (Toumey, 1980).

El anillado causa una elevación muy deseable del nivel de almidón y reducción de azúcares, y una disminución del N en la copa de los árboles, mientras un cambio opuesto ocurre en las raíces (Burmester, 1982).

2.4.3.3 Efectos de la incisión

La incisión incrementa el número de flores en la rama tratada (Lahav; Zamet y Tomer, 1975), sin causar un mejoramiento visible en el desarrollo de los órganos femeninos de la flor (Burmester, 1982) y sin alterar el porcentaje de defectos en las flores examinadas (Tomer, 1977).

Al acumularse en la parte superior de la incisión la savia elaborada, se incrementa la diferenciación de yemas, acelera la floración y aumenta la fructificación del sector tratado del árbol (Álvarez, 1979). Esta labor provoca un adelanto de casi un mes en la fecha de floración (Lahav, Gefen y Zamet, 1997; Tomer, 1977; Burnester, 1982; Razeto y Longueira, 1986).

Otro efecto de la incisión es aumentar la cuaja y prevenir la caída de frutos (Lahav, Gefen y Zamet, 1997), llegando a aumentar la producción notablemente en árboles juveniles de cv. Hass (Köhne, 1988).

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Desde el punto de vista de la fisiología de los cítricos, el rendimiento del limón está determinado por tres parámetros: la floración, el cuajado de flores y el tamaño final de los frutos. El cuaje y la retención de frutos, son normalmente los parámetros limitantes para una buena cosecha en los frutales. Por lo tanto, es necesario buscar alternativas para poder manejar estos procesos y así poder darle sostenibilidad a la producción del limón durante todo el año.

Está demostrado que la mayor oferta de frutos de limón persa en el mercado es durante la temporada de lluvias y que el mejor precio debido a la demanda se da durante la temporada seca, debido a la escasa producción, factor que, aunado a los aspectos fisiológicos, como poca floración, cuajado de flores y tamaño de frutos, hacen que el productor, aunque cuente con sistema de riego se desmotive y abandone el proceso productivo durante esta época del año.

Por lo que los aspectos, climáticos, agronómicos y fisiológicos que determinan el nivel de producción de limón persa, deben ser motivo de investigación para presentar al productor alternativas de manejo y así satisfacer la demanda del mercado.

3.2 JUSTIFICACIÓN

La búsqueda a la solución de satisfacer la demanda de frutos de limón durante la época seca, obtener un mejor ingreso por efecto de la producción cuando el precio es el mejor del mercado, incrementar el nivel de floración, el cuaje y retención de frutos, así como un buen calibre son parte de lo que busca como respuesta esta investigación.

El realizar incisiones en las ramas de los frutales es una práctica en nuestra región y se realiza con el propósito de estimular la producción, esto debido a que la interrupción momentánea del flujo floemático a través de incisiones una o dos semanas antes de floración, provoca un aumento en el cuaje. (Hartman y Kester, 2001).

La aplicación de Boro incrementa el cuaje y los rendimientos en frutos diversos, aun sin mostrar los árboles síntomas vegetativos de deficiencia. Las aplicaciones foliares de boro que se realizan antes del inicio de la floración incrementan hasta un 100% el cuaje de frutos, además se han obtenido considerables incrementos en la cantidad de flores perfectas y cuajado de frutos (Perica *et al.*, 2001).

La aplicación de productos orgánicos como algas marinas, que contienen fitohormonas (ácido giberelico, auxinas y citoquininas) y nutrientes induce e intensifica la floración, promoviendo el aumento en la producción de fruta (Agrotecnología orgánica, 2014).

Partiendo de estos antecedentes, se propuso en esta investigación, evaluar los efectos de la incisión de corteza o rayado, así como la aplicación de boro y el extractos de algas marinas el cual es un fertilizante foliar que contiene una porción orgánica procedente de algas marinas y que además en su composición química contiene elementos esenciales aportando a las plantas macro y micro nutrientes, aminoácidos, hidratos de carbono, vitaminas y fitoreguladores. Prácticas que podrían influir positivamente sobre los parámetros que afectan la producción de limón persa.

IV. OBJETIVOS

4.1 GENERAL

Determinar alternativas de manejo para el cuaje del limón persa en época seca.

4.2 ESPECÍFICOS

Determinar el efecto de cada uno de los tratamientos sobre el incremento de floración, cuaje, número y diámetro de frutos cosechados.

Determinar la curva de crecimiento de fruto de limón persa.

Determinar los días a cosecha después del cuaje, para cada uno de los tratamientos.

Cuantificar el porcentaje de caída de frutos para cada uno de los tratamientos

Determinar el rendimiento en toneladas de fruto/hectárea en el cultivo de limón persa por efecto de los tratamientos.

Determinar la relación beneficio costo para cada uno de los tratamientos.

V. HIPÓTESIS

- Ha.** Al menos uno de los tratamientos a evaluar incrementa la floración, el cuaje, el número y diámetro de frutos de limón persa en época seca.

- Ha.** Al menos uno de los tratamientos a evaluar permite tener una curva de crecimiento diferente con respecto a los otros tratamientos.

- Ha.** Al menos uno de los tratamientos a evaluar disminuye el porcentaje de frutos caídos de limón persa en época seca.

- Ha.** Al menos uno de los tratamientos a evaluar permitirá adelantar los días de cosecha de limón persa.

- Ha.** Al menos uno de los tratamientos a evaluar incrementa el rendimiento en kg de fruto/hectárea en el cultivo de limón

- Ha.** Al menos uno de los tratamientos a evaluar permite tener una mejor relación beneficio/costo.

VI. METODOLOGÍA

6.1 LOCALIZACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

El presente estudio se realizó en la plantación de limón persa del Instituto Técnico Agrícola de Coatepéque (ITAC), el cual está situado en aldea las Palmas que pertenece al municipio de Coatepéque, departamento de Quetzaltenango, está ubicada a 53 Km de la cabecera departamental y a 237 Km de la ciudad capital, sobre la carretera CA-2 ruta del pacífico.

De acuerdo al meridiano de Greenwich aldea Las palmas está ubicada sobre las coordenadas siguientes: 14° 41' 30'' latitud norte y 92° 00' 40'' longitud oeste.

Se localiza a una altura de 220 metros sobre el nivel del mar con una temperatura máxima de 33 °C, temperatura media anual de 26 °C y una temperatura mínima de 20 °C (INSIVUMEH, 2009).

La precipitación pluvial media anual es de 2100 mm, siendo los meses de junio a septiembre los meses con mayor precipitación. La humedad relativa se registra alrededor del 80% (INSIVUMEH, 2009).

Según Holdridge se encuentra ubicada sobre la zona de vida bosque húmedo subtropical cálido (Bhs - c).

De acuerdo a la clasificación de reconocimiento de suelos (Simmons, Tárano y Pinto, 1959), los suelos corresponden al grupo del litoral del Pacífico y a la serie de suelos Ixtán arcilloso, cuyas características son: Suelos profundos, moderadamente drenados, desarrollados sobre material de grano fino en un clima cálido, húmedo seco, textura arcillosa color café muy oscura. El suelo es muy plástico y pegajoso cuando está húmedo y duro cuando está seco.

Es arcilla café muy oscura. El contenido de materia orgánica es relativamente bajo, alrededor del tres por ciento. El suelo es muy plástico y pegajoso cuando está húmedo, y duro cuando está seco. Se quiebra en agregados angulares de dos a tres milímetros de espesor. En algunos lugares se encuentran concreciones suaves y negras de dos a tres milímetros de diámetro.

El subsuelo a una profundidad alrededor de 30 centímetros es arcilla café a café oscura. El contenido de materia orgánica es moderadamente bajo, alrededor de 1.5%. Una estructura cúbica este bien desarrollado, siendo los agregados angulares firmes de dos a tres milímetros los prevalecientes.

6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL

El estudio se realizó en una plantación de limón persa de 10 años de edad, plantas injertadas sobre patrón *Citrangue carrizo*, en un marco de siembra de 6.00 X 3.00 m y regados por microaspersión.

Como fuente de auxinas se utilizó extracto de algas marinas con bioestimulante de origen orgánico, proveniente de algas marinas), y una fuente de boro.

Las aplicaciones se realizaron con bomba de mochila utilizando una descarga de 0.757 litros por minuto. La incisión de corteza se realizó con una tijera de filo curvo, especial para esta labor.

6.3 FACTOR A ESTUDIAR

El factor estudiado fue: cuaje de frutos de limón persa.

6.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Se evaluaron 6 tratamientos, representados por 4 árboles cada uno. Los árboles seleccionados fueron de tamaño homogéneo y crecimiento uniforme. Los árboles se asperjaron hasta punto de goteo.

Cuadro 2. Descripción de tratamientos

Tratamiento	Producto	Descripción del tratamiento
T1	Testigo	Mojado solo con agua
T2	Rayado	Incisión de corteza de cada rama madre
T3	Algas marinas	5.0 mL/litro de agua
T4	Boro	3.0 gramos/litro de agua
T5	Rayado + Boro	Incisión de corteza en cada rama madre + 3.0 gramos/litro de agua
T6	Rayado + Algas marinas	Incisión de corteza en cada rama madre + 5.0 mL/litro de agua

6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para efectos de investigación se utilizó un diseño de bloques al azar el cual contó con 6 tratamientos y 4 repeticiones.

6.6 MODELO ESTADISTICO

El modelo estadístico utilizado fue:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \epsilon_{ij}.$$

Donde:

Y_{ij} = Es la variable de respuesta a la incisión de rama, aplicación de boro y extractos de algas marinas para incrementar el cuaje del limón persa en época seca

μ = es el efecto de la media general.

T_i = es el efecto del i-ésimo tratamiento

β_j = es el efecto del j-ésima repetición

ϵ_{ij} = es el error experimental asociado a la i-j-ésima unidad experimental

6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL

Cada unidad experimental estuvo constituida por 4 plantas, de las cuales se eligieron las ramas madres, donde se hicieron las incisiones, las aspersiones se realizaron en la

periferia, las ramas se etiquetaron para identificarlas y darles el seguimiento respectivo. El total de unidades experimentales fue de 24 y el total de plantas bajo tratamiento fueron 96.

6.8 CROQUIS DE CAMPO

De acuerdo a la aleatorización se distribuyeron de la siguiente manera:

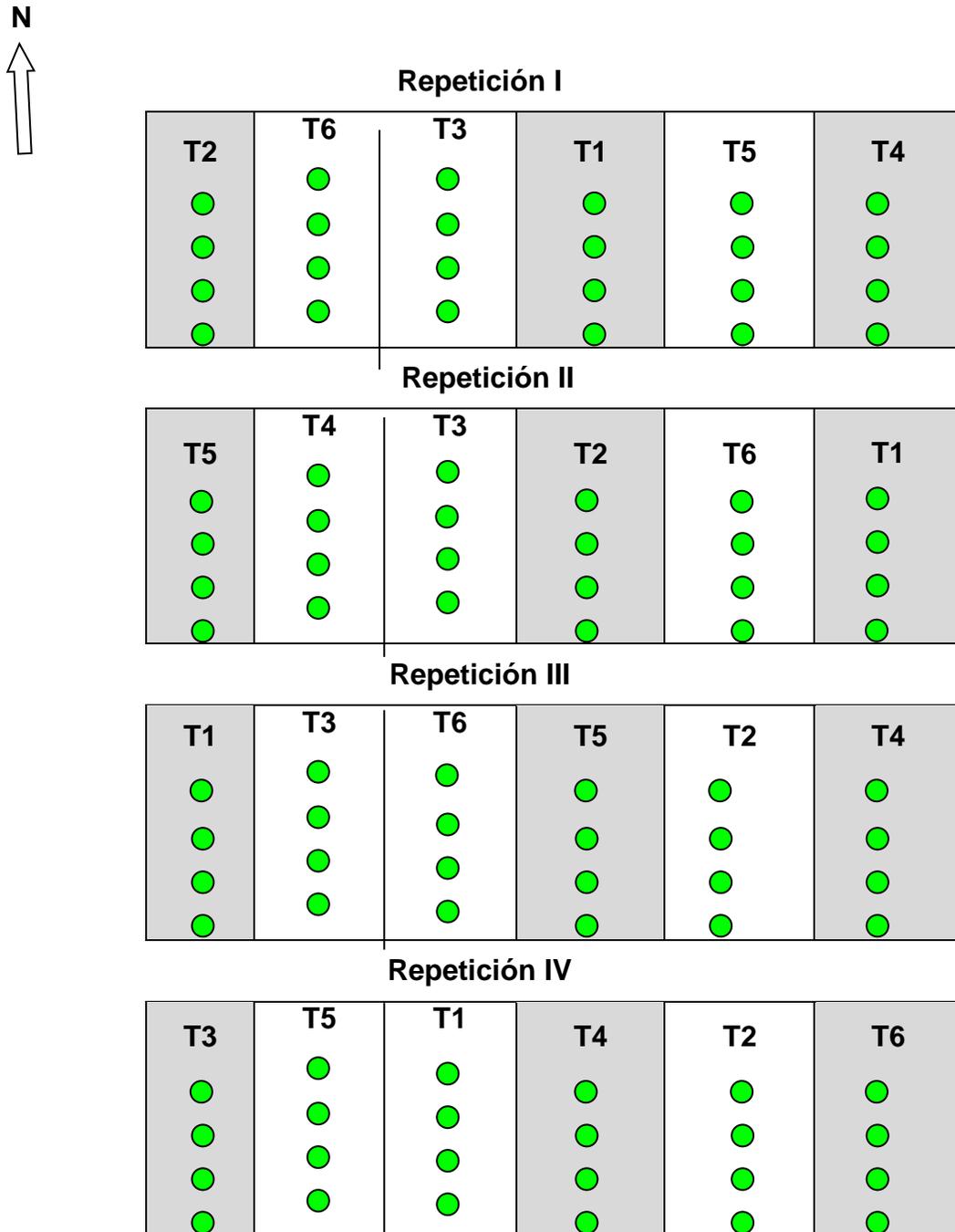


Figura 1. Croquis de distribución de los tratamientos nivel de campo

6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO

El experimento se realizó en los meses de diciembre del 2014 a julio del 2015, durante la época seca en una plantación establecida desde hace 10 años con una población de 555 plantas por hectárea a distanciamientos de 3 m entre planta y 6 m entre surco.

a. Eliminación de frutos existentes

Esto se hizo con el propósito de que no hubiera ningún factor que pudiera interferir con el proceso de floración, porque según estudios realizados se ha demostrado que la presencia de frutos en la planta retrasa la floración.

b. Estrés hídrico

Con el fin de propiciar condiciones adecuadas y tener una mejor respuesta a la aplicación de los productos no se aplicó riego durante 30 días luego de finalizada la temporada de lluvias, con esto se provocó estrés a la planta.

c. Riego

Se inició luego de transcurridos los 30 días después de la última lluvia, la frecuencia fue a cada dos días, la lámina de riego fue de 7 mm lo que significa 7 l/m^2

d. Aplicación de los tratamientos

Estos se aplicaron la segunda semana de diciembre del 2014, se utilizaron las dosis mencionadas en la descripción de los tratamientos, los cuales se mezclaron con la cantidad de litros de agua según lo recomendado para cada producto. Se hicieron las aspersiones en la periferia de los árboles utilizando una bomba de mochila hasta llegar a punto de goteo, de esta manera se mojó toda el área foliar de las plantas.

La incisión de corteza se realizó con una tijera de filo curvo, especial para esta labor.

6.10 VARIABLES DE RESPUESTA

a. Diámetro de fruto

Se marcaron 16 frutos al azar de cada árbol a los cuales se le midió el diámetro cada 15 días con la ayuda de un vernier, estos datos sirvieron para conocer el diámetro de fruto al momento de cosecha, así como para determinar la curva de crecimiento del fruto.

b. Curva de crecimiento de frutos

Se determinó la curva de crecimiento de frutos realizando mediciones del diámetro ecuatorial cada 15 días a partir del cuaje, para poder dar seguimiento se marcaron 16 frutos de cada árbol y en ellos se realizaron las mediciones.

c. Caída de frutos

Posterior al cuaje, se escogió una rama en cada uno de los árboles tratados y se marcó. En ella se contó el número de frutos cuajados, esta lectura se hizo cada 15 días hasta el momento de cosecha, lo que permitió obtener el número de frutos totales caídos en cada árbol.

d. Retención final de frutos

Se determinó mediante el número total de frutos cosechados por árbol lo cual determinó la retención de frutos por árbol, hasta la cosecha

e. Peso de frutos

Se determinó el peso fresco de cada fruto mediante una balanza digital y los resultados se expresaron en gramos.

f. Carga frutal y productividad

Se pesó y contó el número total de frutos por árbol con el fin de determinar la eficiencia productiva de los árboles, tanto en términos de Kg. de fruta/cm² de área de sección transversal de tronco (ASTT), Para ello, a los árboles se les midió el perímetro (P) de tronco a 10 cm sobre la línea de injerto. El ASTT se calculó usando la siguiente fórmula:

$$\text{Área de Sección Transversal de Tronco (ASTT)} = P^2 / 12.56$$

g. Rendimiento kg/ha

Al final de cosecha se proyectó el rendimiento en kg/ha, de cada uno de los tratamientos, se tomó como base el peso promedio de los frutos de los muestreos realizados y se multiplicó por el número promedio de frutos por árbol y luego se proyectó por el número de árboles por hectárea.

6.11 ANALISIS DE LA INFORMACIÓN

6.11.1 Análisis estadístico.

Una vez tabulados los datos de campo, se procedió a su análisis estadístico, mediante un análisis de varianza. Estos análisis se realizaron con la ayuda del software de diseños estadísticos para experimentos agrícolas de la Universidad Autónoma de Nuevo León, todos los resultados que mostraron diferencia estadística significativa, se sometieron a prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5%.

La medición de variables donde los datos fueron producto de un conteo o estimación de porcentaje fue necesaria la transformación de estos datos

6.11.2 Análisis económico

El objetivo principal fue medir el máximo beneficio que se obtuvo como consecuencia de los ingresos que se obtuvieron, de manera que se evaluaron las cifras de las utilidades logradas en relación con la inversión que las origino, de manera que se señalará en porcentaje la ganancia que se obtuvo por cada quetzal invertido, calculo mediante el cociente de las utilidades entre la inversión inicial de acuerdo a la siguiente formula:

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Inversión inicial}} \times 100$$

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A pesar de la intensa floración exhibida por el limón persa, la alta competencia entre flores y frutos cuajados, origina una fuerte caída de estos órganos reproductivos, que finalmente provoca una baja producción.

Caracterizar la respuesta a diferentes tratamientos para estimular el cuaje de frutos para optimizar su producción en época seca, atendiendo a la naturaleza del boro, incisión de corteza y aplicación de extractos de algas, llevaron al planteamiento de esta investigación, las respuestas a cada una de las variables propuestas se presentan y discuten en este capítulo.

7.1. Diámetro de fruto

Se realizó la medición de esta variable al momento de la cosecha, con la ayuda de un vernier, la calibración se hizo sobre el plano ecuatorial del fruto, los resultados se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Análisis de varianza, para el diámetro de fruto de limón persa en los distintos tratamientos.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	9.913879	1.982776	300.2385	0.000*
Repeticiones	3	0.020020	0.006673	1.0105	0.417 ^{ns}
Error	15	0.099060	0.006604		
Total	23	10.032959			

C.V. = 1.60%

Al realizar el análisis de varianza se encontró diferencia estadística significativa entre tratamientos por lo que se acepta la hipótesis alternativa de que al menos uno de los

tratamientos evaluados incrementa el diámetro de frutos, por lo que se realizó prueba múltiple de medias a través de Tukey con un nivel de significancia del 5%.

Cuadro 4. Prueba de Tukey para el diámetro de fruto de limón persa para los distintos tratamientos.

Tratamiento	Media
Incisión de Corteza + Boro	5.8525 A
Boro	5.6425 B
Algas Marinas	5.3375 C
Incisión + Algas Marinas	5.0450 D
Incisión de corteza	4.8025 E
Testigo	3.8875 F

Tukey = 0.1869

Cada uno de los tratamientos evaluados de acuerdo a la prueba de Tukey mostró que los resultados estadísticamente difieren uno de otro, situándolos de mayor a menor importancia, la separación de medias de acuerdo al diámetro obtenido se presenta en la figura 2.

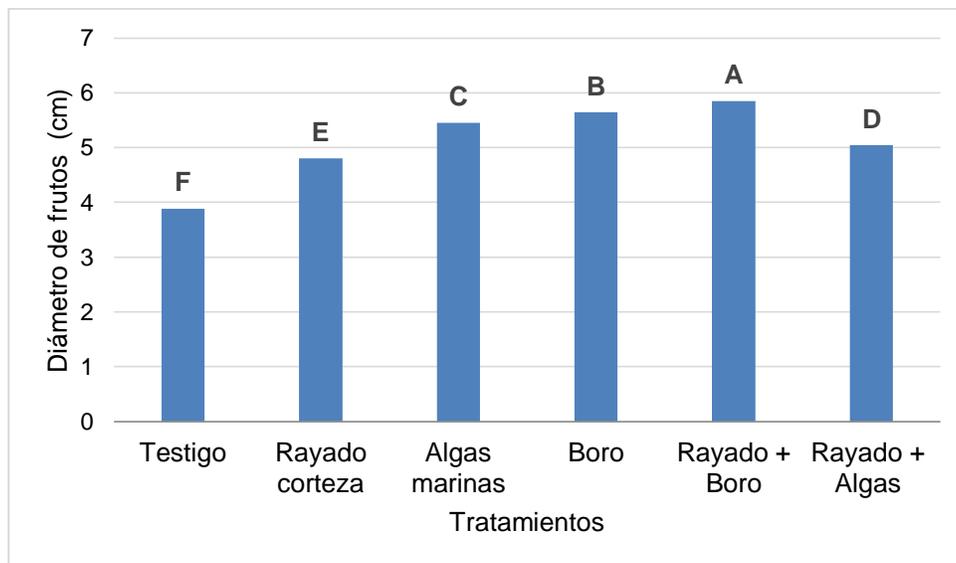


Figura 2. Diámetro de fruto de limón persa para los distintos tratamientos.

La práctica de realizar la incisión de corteza y aplicar Boro a los árboles de limón persa de acuerdo a la comparación múltiple de medias de Tukey es el tratamiento con el que se logró un diámetro promedio de 5.8525 cm, siendo este el mayor. Con la aspersión de boro al follaje se consiguió obtener frutos con diámetros de 5.6425 cm, siendo estadísticamente este el segundo tratamiento en orden de importancia para el incremento de diámetro de frutos.

La aplicación de extractos de algas marinas se sitúa como el tratamiento que logra en el orden de clasificación de diámetros como el tercero, produciendo frutos de 5.3375 cm y la combinación de extractos de algas marinas más incisión de corteza logra el cuarto diámetro 5.0450 cm. El comportamiento de las medias de diámetro se presentan en la figura 2.

De acuerdo a los resultados de los cuatro diámetros de frutos de limón persa, la prueba de medias sitúa a los primeros dos tratamientos donde se utilizó Boro, estos resultados coinciden con lo propuesto por Lima (1991), quien propone que el boro es un micro elemento indispensable ya que interviene en distintos procesos como son, floración, mejora del tamaño, la fertilidad y la germinación de los granos de polen, crecimiento de los tubos polínicos, aumento del nivel de néctar haciendo las flores más atractivas para las abejas, efecto positivo en el proceso de formación de semillas, y aumento en la calidad y diámetro de frutos.

El tercer y cuarto diámetro de frutos se logró con el tratamiento donde se aplicó extractos de algas marinas y extractos de algas marinas más incisión de corteza. En la composición química de extractos de algas marinas se tiene fitoreguladores (citoquininas, auxinas, giberelinas), los cuales al ser aplicados en la región meristemática de las plantas estimulan la floración y crecimiento de frutos, esto concuerda con lo propuesto por Bidwell (1993), quien describe que las funciones de las auxinas en las plantas aumentan el crecimiento de tallos, estimulan el desarrollo de frutos, promueve la división celular e induce el crecimiento de los frutos.

La práctica del anillado más la aplicación de Boro o extractos de algas marinas, en la presente investigación permitieron obtener frutos de mayor diámetro al compararlos con el testigo por lo que estos resultados coinciden con los obtenidos por Díaz (1979), quien indica que el anillado produciría un aumento del tamaño de los frutos ya cuajados, pues al realizarse después de formado el fruto favorece el aumento de tamaño, señala que para el cultivar Navel, el anillado produce aumento del diámetro de los frutos, ya existentes en el árbol, al momento de anillar.

7.2 Curva de crecimiento de fruto y días a cosecha

El tiempo de desarrollo de los frutos de limón persa, en el Instituto Técnico de Agricultura está entre 109 a 112 días, los resultados obtenidos en cuanto al crecimiento del diámetro ecuatorial de frutos y días a cosecha se presenta en la figura 3.

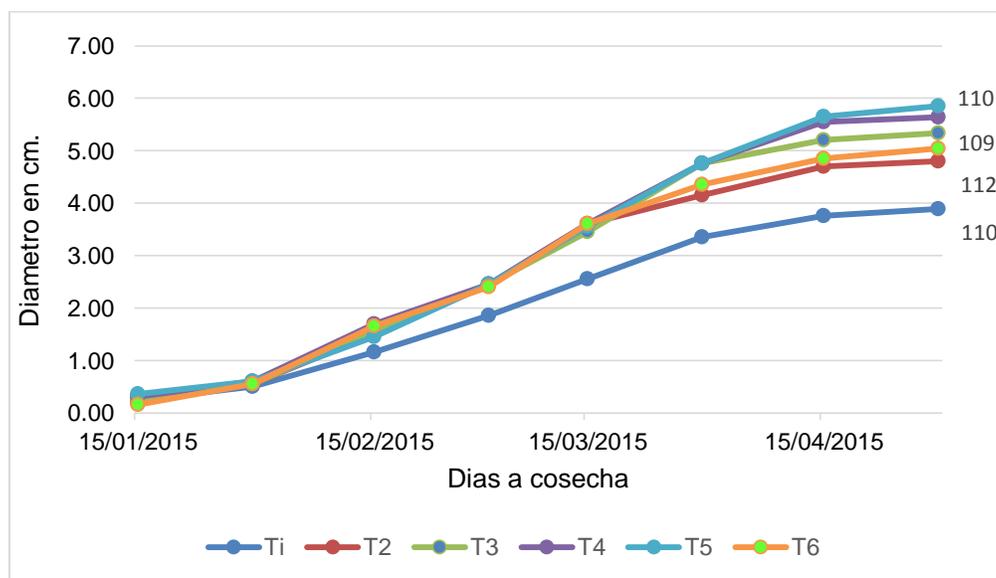


Figura 3. Curva de crecimiento en cm y de días a cosecha de limón persa.

Los resultados obtenidos en cuanto al crecimiento del diámetro ecuatorial de frutos, se ajustan, al igual que las demás especies de cítricos, a una curva de tipo sigmoidea simple, esto ocurre en todos los tratamientos aplicados, por lo que no se tuvo diferencia estadística significativa, el comportamiento del crecimiento del limón persa se caracteriza por tres etapas.

La primera etapa de crecimiento se desarrolla a través de sucesivas divisiones celulares (Razeto, 2002) esto ocurre entre los primeros 20 a 22 días después del cuaje del fruto. Luego hay una segunda etapa en que el fruto sigue creciendo, pero no por división celular, sino que por el aumento del tamaño de las células y espacios intercelulares (Razeto, 2002), esto tiene una duración entre 69 a 71 días, en esta etapa se observa el mayor aumento de tamaño de los frutos.

Finalmente existe una tercera etapa donde ocurren los procesos que caracterizan al fruto maduro, como cambios en la coloración externa, aumento de la cantidad de jugo, y cambios en la concentración de azúcares y ácidos del jugo, etapa en la cual el fruto sigue creciendo, pero a una tasa menor, dura entre 21 a 23 días (Razeto, 2002).

7.3 Caída de frutos

La determinación de la caída de frutos se estableció dándole seguimiento a una rama en cada uno de los árboles tratados la cual se marcó. En ella se contó el número de frutos cuajados, esta lectura se hizo cada 15 días hasta el momento de cosecha, lo que permitió obtener el número de frutos totales caídos en cada árbol, con la finalidad de corregir normalidad y heterogeneidad se realizó transformación de datos utilizando el transformador $\sqrt{x + 0.5}$, los resultados se presentan en el cuadro 5.

Cuadro 5. Análisis de varianza para el número de frutos caídos para los distintos tratamientos, (Datos transformados = $\sqrt{x + 0.5}$)

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	7.539566	1.507913	31.6415	0.000*
Repeticiones	3	0.010742	0.003581	0.0751	0.972 ^{ns}
Error	15	0.714844	0.047656		
Total	23	8.265152			

C.V. = 7.28%

Al someter los resultados al análisis de varianza se encontró que se tiene diferencia estadística significativa entre tratamientos, por lo que se acepta la hipótesis alternativa que propone que al menos uno de los tratamientos evaluados permitía un mayor cuaje de frutos. Debido a estos resultados se realizó prueba múltiple de medias a través del test de Tukey a un nivel de significancia del 5%, los resultados se presentan en el cuadro 6.

Cuadro 6. Prueba de Tukey para el número de frutos caídos para los distintos tratamientos.

Tratamiento	Media
Testigo	4.1710 A
Algas marinas	3.0399 B
Incisión de corteza + Algas marinas	2.9942 B
Boro	2.6714 B
Incisión de Corteza + Boro	2.6180 B
Incisión de Corteza	2.4920 C

Tukey = 0.5021

La separación de medias a través de la prueba de Tukey mostro que el tratamiento testigo al cual solo se le asperjo agua fue el que más frutos caídos reportó, los tratamientos con extractos de algas marinas, Incisión de corteza + extractos de algas marinas, Boro, Incisión de Corteza + Boro, presentan resultados similares por lo que los tratamientos son estadísticamente iguales, de acuerdo con la prueba de Tukey ($P < 0.05$), los datos de campo se presentan en la figura 4.

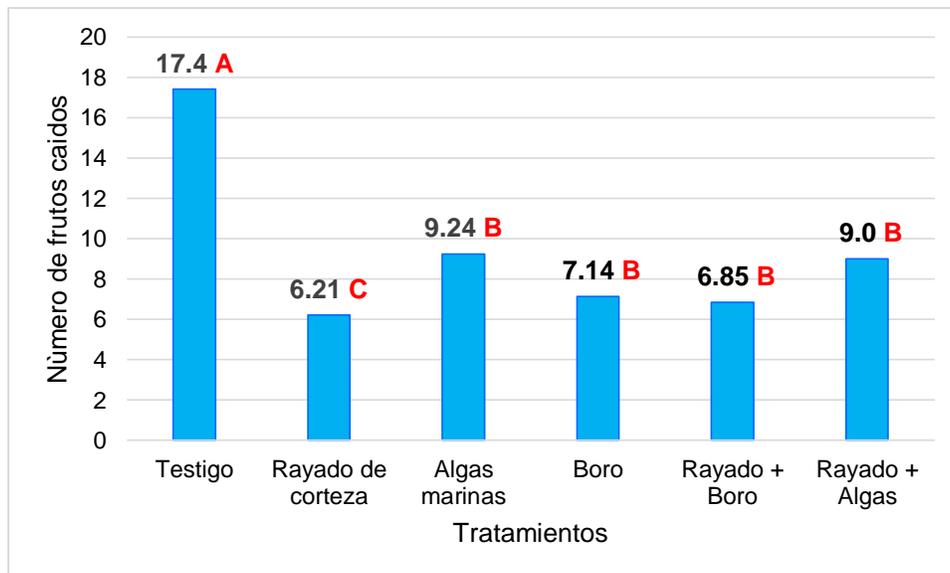


Figura 4. Grafica de comportamiento de caída de frutos de limón persa para los distintos tratamientos.

De acuerdo a la figura 4, el tratamiento que consistió en realizar incisión en la corteza fue el que menos frutos caídos reporto, por lo que la realización de esta práctica agronómicamente para incrementar el número de frutos por árbol es aconsejable

Los resultados obtenidos coinciden con los obtenidos por Duran (2003), quien reporta que el rayado de ramas produce un estímulo en el crecimiento del fruto. En algunas variedades se realiza durante la floración o después de la caída de pétalos, para mejorar el cuajado. Esta práctica tiene una influencia positiva sobre el contenido endógeno hormonal, atribuidos a los cambios provocados en el transporte y acumulación de carbohidratos. De este modo se mantiene la tasa de crecimiento de los frutos que, consecuentemente, sufren la abscisión en menor proporción, mejorando así el cuajado y la cosecha final.

7.4 Retención final de frutos

La retención final de frutos se determinó mediante el conteo mecánico del número total de frutos cosechados por árbol, este valor representó la retención de frutos por árbol.

Cuadro 7: Análisis de varianza para la retención final de frutos en cada uno de los distintos tratamientos evaluados.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	0.081665	0.016333	129.4839	0.000*
Repeticiones	3	0.000214	0.000071	0.5645	0.650 ^{ns}
Error	15	0.001892	0.000126		
Total	23	0.083771			

C.V. = 0.37%

EL resultado del análisis de varianza mostró que se tuvo diferencia estadística significativa entre tratamientos a un nivel de significancia del 5% por lo que se realizó prueba múltiple de medias utilizando el test de Tukey, los resultados se presentan en el cuadro 8.

Cuadro 8. Prueba de Tukey para la retención final de frutos para los distintos tratamientos.

Tratamiento	Media
Incisión de corteza+ Boro	3.1138 A
Boro	3.0835 B
Incisión de corteza + Algas marinas	3.0831 B
Algas marinas	3.0570 C
Incisión de corteza	3.0343 C
Testigo	2.9324 D

Tukey = 0.0258

Cada uno de los tratamientos evaluados para la variable retención final de frutos, de acuerdo a la prueba de Tukey mostró que los resultados estadísticamente son diferentes, situándolos de mayor a menor importancia, la separación de medias de acuerdo al orden de importancia se presenta en la figura 5.

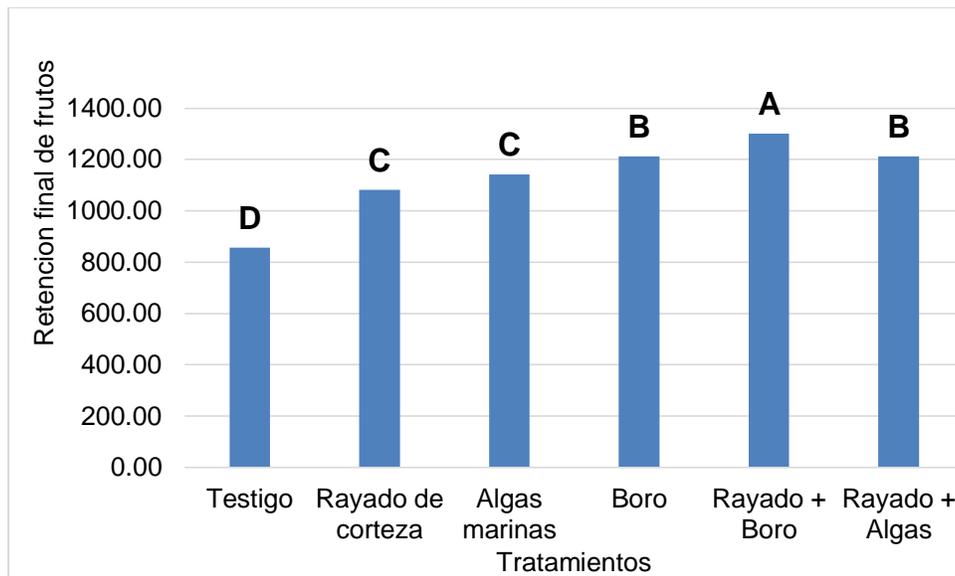


Figura 5. Retención final de frutos de limón persa para los distintos tratamientos.

La separación de medias a través de la prueba de Tukey mostró que el tratamiento donde se realizó la incisión de corteza más la aspersion de Boro, fue quien tuvo la mayor retención final de frutos siendo esta de 1300, estadísticamente este fue el mejor rendimiento. Le sigue en orden de retención final de frutos el tratamiento donde solo se utilizó Boro donde se contabilizaron al final de la cosecha un corte de 1212 frutos, por lo que de acuerdo con la prueba de Tukey ($P < 0.05$), en orden de importancia este es el segundo mejor tratamiento.

Los dos mejores rendimientos se tuvieron con los tratamientos donde se utilizó Boro, por lo que este elemento aumento el rendimiento comercial y total de frutos por árbol, al combinarse con incisión de corteza tuvo un incremento de 52% con respecto al testigo y al asperjarse solo su incremento es del 42% al compararlo con la retención final de frutos del tratamiento testigo.

La combinación de incisión de corteza más la aspersión de extractos de algas marinas permitió una retención final de 1211 frutos por lo que se situó como el tercer rendimiento en orden de importancia, superando este tratamiento al testigo en un 42%, en el número de frutos.

La aspersión realizada únicamente con extracto de algas marinas permitió una retención final de 1140 frutos, siendo esta la cuarta opción que tendrá el productor de limón persa para lograr incrementos en la producción ya que esta supera en un 33% al tratamiento testigo

La sola practica de realizar la incisión de corteza a los arboles de limón persa seria el tratamiento más económico para estimular la retención final de frutos ya que esta se incrementa en un 26% con respecto a no realizar ninguna practica en la plantación.

7.5 Peso de frutos

Existen evidencias de los efectos de la aplicación de Boro y la incisión de corteza en cuanto al desarrollo, rendimiento, peso y calidad del limón persa. Por ello en el presente estudio se consideró importante evaluar y comparar los pesos que se obtuvieron en cada uno de los tratamientos, los resultados se presentan en el cuadro 9 y la figura 6.

Cuadro 9. Análisis de varianza para el peso de frutos de limón persa.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	2754.328125	550.865601	155.9513	0.000*
Repeticiones	3	2.625000	0.875000	0.2477	0.862 ^{ns}
Error	15	52.984375	3.532292		
Total	23	2809.937500			

C.V. = 2.17%

El análisis de varianza mostró diferencia estadística significativa entre tratamientos, por lo que se realizó comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey, los resultados se presentan en el cuadro 10.

Cuadro 10. Prueba de Tukey para el peso de frutos (g) en cada uno de los distintos tratamientos.

Tratamiento	Media
Incisión de corteza + Boro	98.3350 A
Incisión de corteza + Algas marinas	94.4000 A
Boro	92.1625 B
Algas marinas	86.9025 C
Incisión de corteza	80.7050 D
Testigo	65.9975 E

Tukey = 4.3227

Los resultados de la prueba de Tukey mostraron que el mejor peso de fruto se obtuvo al realizar incisión de corteza y asperjar el árbol con Boro, siendo este de 98.33 gramos, lo que equivale a un 49% más de peso que el tratamiento testigo, El tratamiento donde se realizó incisión de corteza más la aplicación de extractos de algas marinas permitió el segundo mejor peso de la evaluación logrando un incremento del 43.03% de peso con respecto al tratamiento testigo, la comparación grafica de los pesos se puede observar en la figura 6.

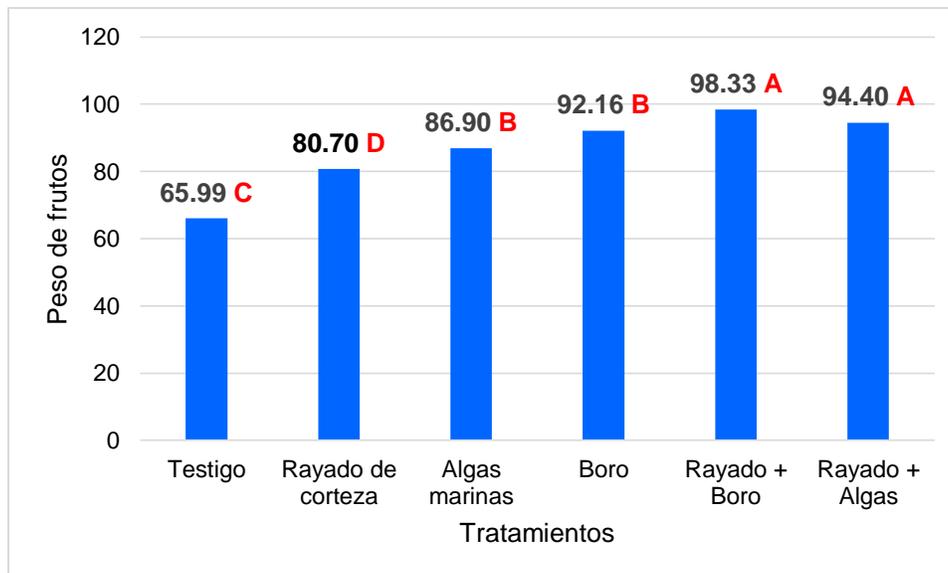


Figura 6. Peso de frutos (g) para cada uno de los tratamientos evaluados.

De acuerdo al comportamiento de las barras de la figura 6, el tratamiento donde se asperjó la planta con Boro logró un peso medio de 93.16 gr, este supera en un 39.64% en peso al tratamiento testigo, la cuarta opción lo constituye el tratamiento donde se realizó la aspersión con extractos de algas marinas donde tuvo un peso medio de 86.20 gr superando en un 31% en peso al tratamiento testigo. Las realizaciones de cualquiera de los tratamientos evaluados permitirán al productor de limón persa incrementar el peso del fruto, realizar la práctica de incisión en corteza que es la técnica más simple permite incrementar el peso en un 22.27% con respecto al tratamiento testigo

Los dos mejores pesos de frutos relacionan a la incisión como la práctica que ayuda al incremento del peso del fruto, esto comprueba lo propuesto por Talón, Tadeo y Moya (2002), quienes señalan que la incisión de corteza, incrementa tanto el cuajado de frutos como los niveles de sacarosa y de almidón, indicando que el incremento en la disponibilidad de carbono se acompaña de un aumento en la cosecha. También señalan que la incisión de corteza incrementa el contenido de gibelinas de los frutos.

A pesar de su potencialidad, el uso de reguladores de crecimiento y de otras prácticas como la incisión de corteza en citricultura, no está muy extendido, debido posiblemente

al poco conocimiento de su forma de actuar y a que esta acción depende de diferentes factores biológicos y ambientales que no siempre son controlables.

7.6 Carga frutal y productividad

Un factor de gran importancia, en la determinación del rendimiento productivo y del tamaño final alcanzado por la fruta, es la competencia entre órganos en desarrollo. Cuanto mayor es el número de frutos, mayor es la competencia entre ellos, tanto por elementos minerales como por productos de la fotosíntesis, lo que limita sus posibilidades de crecimiento y, por consiguiente, su tamaño final.

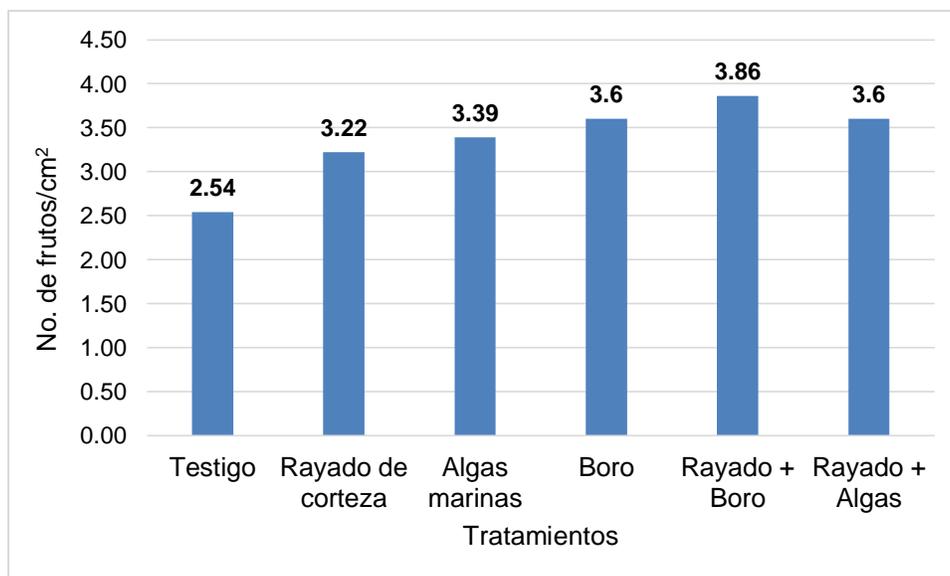


Figura 7. Número de frutos cosechados por árbol y por cm² de ASTT en cada uno de los distintos tratamientos.

Como se observa en la figura 7, los resultados de eficiencia productiva en base a número de frutos/cm², se tuvo que el tratamiento de incisión de corteza más Boro fue el tratamiento más eficiente, ocupando el primer lugar, el segundo tratamiento en eficiencia fue incisión de corteza más extracto de algas marinas teniéndose una eficiencia productiva de 3.6 frutos/cm².

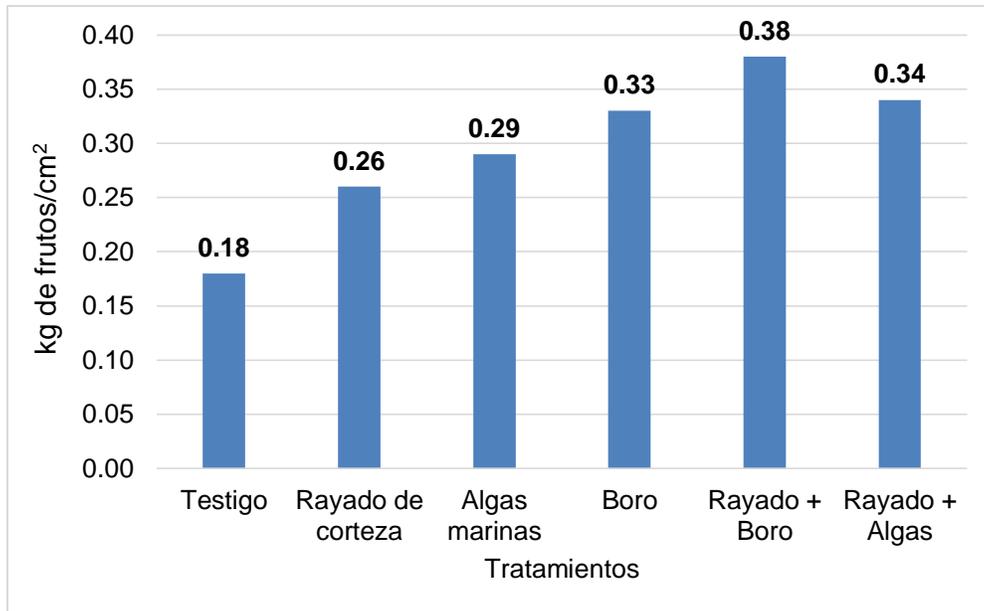


Figura 8. Kilogramos de fruta cosechada en árboles de limón persa por cm² de ASTT en cada uno de los distintos tratamientos.

La Figura 8 presenta los resultados de eficiencia productiva en base a kilogramos de fruta por cm² de ASTT. Se obtuvieron los mismos resultados que la Figura 7 que presenta los resultados de eficiencia productiva en base a número de frutos por cm² de ASTT. Se obtuvo el mismo comportamiento de la curva. Siendo los tratamientos donde se realizó incisión de corteza más Boro o extractos de Algas marinas los que presentaron diferencias significativas con el resto de los tratamientos siendo esta eficiencia superior al tratamiento testigo.

7.7 Rendimiento en t/ha

El rendimiento en t/ha se calculó al final de cosecha, tomándose el peso promedio de fruto de cada uno de los tratamientos por el número total de frutos cosechados por árbol y esto se proyectó a la densidad de 555 árboles/ha que tiene sembrados la plantación, los resultados se presentan en t/ha.

Cuadro 11. Análisis de varianza para el rendimiento en t/ha de frutos de limón persa.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	3553.546875	710.709351	330.6426	0.000*
Repeticiones	3	2.835938	0.945313	0.4398	0.731 ^{ns}
Error	15	32.242188	2.149479		
Total	23	3588.625000			

C.V. = 2.64%

El análisis de varianza mostró que se tuvo diferencia estadística significativa para el rendimiento en t/ha de frutos de limón persa, entre tratamientos, por lo que se realizó prueba de Tukey a un nivel de significancia del 5% los resultados se presentan en el cuadro 12

Cuadro 12. Prueba de Tukey para el rendimiento en t/ha de frutos de limón persa.

Tratamiento	Media
Incisión de corteza + Boro	70.9487 A
Incisión de corteza + Algas Marinas	63.4598 B
Boro	62.0196 B
Algas Marinas	55.0194 C
Incisión de Corteza	48.4865 D
Testigo	33.2639 E

Tukey = 3.3721

Los rendimientos logrados en cada uno de los tratamientos de acuerdo a la prueba de Tukey, mostró que la incisión de corteza más la aspersion de Boro permitió obtener el mayor rendimiento de 70.94 t/ha, siendo este el mejor ya que se tuvo un incremento del 113.29% con respecto al tratamiento testigo.

Los tratamientos donde se realizó incisión de corteza más la aspersión de extractos de Algas marinas con rendimiento de 63.4598 t/ha y la aplicación de Boro con rendimientos 62.0196 t/ha, estadísticamente son iguales, por lo que la aplicación de cualquiera de los dos tratamientos permitirá obtener rendimientos similares, pudiendo superar la producción del tratamiento testigo en un 87.89%.

7.8 Análisis económico

Con el propósito de desarrollar una recomendación económica financiera para la inducción a la floración en el cultivo de limón persa, se hizo uso de la metodología de la rentabilidad como indicador que señalo en porcentaje la ganancia que se obtuvo por cada Quetzal invertido, los resultados se presentan en el cuadro 13.

Cuadro 13. Determinación del rendimiento real y ajustado, costo de producción, ingreso bruto e ingreso neto para cada uno de los tratamientos evaluados.

Concepto	Tratamientos					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Rendimiento (TM/ha).	33.26	48.49	55.02	62.0	70.94	63.46
Rendimiento ajustado (-10%)	29.94	43.64	49.52	55.8	63.85	57.11

Tratamiento	Ingreso bruto	Ingreso neto
Tratamiento testigo	Q.44910.00	Q.28676.00
Incisión de corteza	Q.65460.00	Q.48976.00
Algas marinas	Q.74280.00	Q.57381.00
Boro	Q.83730.00.	Q.66746.00
Incisión de corteza + Boro	Q.95775.00	Q.78416.00
Incisión de corteza + Algas	Q.85665.00	Q.68181.00

Costos variables

Tratamientos	Producto	Costo de Prod. /ha	Total
Tratamiento testigo	Q. 0.00	Q.16234.00	Q.16234.00
Rayado de corteza	Q. 250.00	Q.16234.00	Q.16484.00
Algas marinas	Q. 575.00	Q.16324.00	Q.16899.00
Boro	Q. 750.00	Q.16234.00	Q.16984.00
Rayado de corteza + Boro	Q.1125.00	Q.16234.00	Q.17359.00
Rayado de corteza + Algas marinas	Q.1250.00	Q.16234.00	Q.17484.00

Cuadro 14. Determinación de rentabilidad.

Tratamiento	Ingreso bruto	Costo de Prod/ha	Rentabilidad %
Tratamiento testigo	Q. 44910.00	Q.16234.00	176.64
Incisión de corteza	Q. 65460.00	Q.16484.00	287.11
Algas marinas	Q. 74280.00	Q.16899.00	339.55
Boro	Q. 83730.00	Q.16984.00	392.99
Incisión de corteza + Boro	Q. 95775.00	Q.17359.00	451.73
Incisión de corteza + Algas marinas	Q. 85665.00	Q.17484.00	389.96

De acuerdo al análisis de rentabilidad y al precio que alcanza el fruto de limón en época seca todos los tratamientos son rentables, por lo que al compararlos con el tratamiento testigo se tuvo que la realización de incisión de corteza más la aspersion de Boro fue con quien se tuvo una rentabilidad de 451.73%, siendo esta la mayor rentabilidad.

El tratamiento donde se asperjó Boro reportó una rentabilidad de 392.99% siendo esta la segunda mejor rentabilidad y la tercer mejor rentabilidad fue el tratamiento donde se realizó incisión de corteza más la aspersión de extractos de Algas marinas.

De acuerdo al rendimiento, al ingreso neto y a la rentabilidad se observó que la aspersión de boro juega un papel importante para incrementar el cuaje de frutos de limón persa.

La práctica de incisión de corteza de acuerdo a la rentabilidad obtenida, tiene repercusión económica ya que, de los 3 primeros tratamientos con mayor rentabilidad, esta práctica está asociada en la obtención de los mejores rendimientos.

VIII. CONCLUSIONES

- El tratamiento T5, que corresponde a la realización de rayado de ramas más aspersion con boro, mostró diferencia estadística significativa entre tratamientos, lográndose un incremento de floración, cuaje y número de frutos por planta, obteniendo al final 1,300 frutos cuajados con un diámetro promedio de 5.85 cm.
- Los resultados obtenidos en cuanto al crecimiento del diámetro ecuatorial de frutos, se ajusta a una curva de tipo sigmoidea simple.
- De acuerdo a las mediciones realizadas, no existió diferencia estadística significativa en cuanto a días a cosecha, teniéndose para el área en estudio que la recolección se inició entre los 109 a 112 días después de floración.
- El tratamiento T1, que corresponde al testigo, presentó un 4.06% de frutos caídos, siendo este el mayor porcentaje y el tratamiento T5 donde se realizó rayado de ramas más aspersion de boro presentó un porcentaje de caída del 2.03%, siendo este el menor porcentaje.
- El tratamiento T5 donde se realizó incisión de corteza más aspersion con Boro, permitió obtener un rendimiento de 70.94 TM/ha, con un peso promedio de 0.098 kg/fruto, con una eficiencia productiva de 3.86 frutos/cm² y una carga frutal de 0.38 kg/cm², teniendo un incremento de producción del 113.29%, con respecto al tratamiento testigo.
- De acuerdo al análisis de rentabilidad y al precio que alcanza el fruto de limón en época seca, todos los tratamientos son rentables, por lo que al compararlos con el tratamiento testigo, el tratamiento T5 donde se realizó incisión de corteza más la aspersion con Boro fue con quien se tuvo una rentabilidad de 451.73%, siendo esta la mayor rentabilidad.

IX. RECOMENDACIONES

- Aplicar a los arboles de limón persa, bajo condiciones similares al lugar del experimento, el tratamiento combinado: incisión de corteza más aspersión con Boro, para obtener una mayor retención de frutos, mayor diámetro, mejor peso, ya que este permite la mejor eficiencia productiva en función del número de frutos/cm² y kg/cm². Con este tratamiento se logró el mayor rendimiento y la mejor rentabilidad.
- En futuras investigaciones, cuantificar en árboles tratados con incisión de corteza el rendimiento de carga frutal y el desgaste natural que estos pueden sufrir, midiendo principalmente los efectos sobre floración y cuaja de frutos en la siguiente temporada de producción
- Con la finalidad de fortalecer los frutos que permanecen en el árbol, se recomienda evaluar la incisión de corteza posterior a la caída de frutos de diciembre, para que así, los árboles regulen en cierta medida su carga.

X. BIBLIOGRAFIA

Abetz P. (1980). Botanica Marina: *Ascophyllum nodosum*. have they a place in Australian agriculture or horticulture? J Aust Inst Agric Sci. 1980; 46:23–29.

Abeto, P. (1980). Sabed extracts J. Aust. Inst.: have they a place in Australian agriculture or horticulture. Agric. Sci.43, 23-29.

AGEXPRONT. (2003). Manual técnico de producción de limón persa. Guatemala, 73 páginas.

Agrotecnología Orgánica (2014) Algui-Max, Ficha informativa Agrotecnología Orgánica, Guatemala.

Agustí, M. y V. Almela (1992). Los Agrios. Mundi-Prensa. Madrid, España. 319 p.

Agusti, M., F. Garcia-Mari & J.L. Guardiola, (1982). The influence of flowering intensity on the shedding of reproductive structures in sweet orange. Sci. Hortic. 17: 343-352.

Agustil, M., A. Martínez-Fuentes, C. Mesejo, M. Juan y V. Almela (2003). Cuajado y desarrollo de los frutos cítricos. Valencia. Generalitat Valenciana, Serie de Divulgación Técnica N°55. 80 p.

Álvarez, F.J. (1979). El aguacate. Barcelona, Publicaciones de Extensión Agricultural uses of seaweeds and seaweed extracts. Seaweed resources in Europe: Uses and potencial Agraria. Ministerio de Agricultura de España. pp. 138-142.

Baardseth E. (1970). Symposium de Biología, *Ascophyllum nodosum*. FAO, Fisheries Synopsis, 38, Rev. 1: 41 pp.

Blunden, G. (1991). M.D. Guiry and G. Blunden. John Wiley and Sons. Pp.65-81. Chichester

Burmester, E. (1982). Efectos de la incisión anular o anillado en la producción de paltos (persea americana Miller) cv. Fuerte. Tesis Ing. Agr. Santiago, Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía. 71p

González, C. (1988). Diagnóstico de Cultivo del Limón Persa. Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Bidwell R., G. S, (1993). Fisiología Vegetal. 1º edición. AGT editor S.A. PG Control Hormonal del Desarrollo de Planta, México. D. F. pp 599-608

Chávez, L (1,999) Programación de la cosecha de limón persa (*Citrus latifolia* Tan) utilizando practicas agronómicas y fitoreguladores en Tukurú, Alta Verapaz. (Tesis). Universidad Rafael Landívar. Ciencias Ambientales y Agrícolas. Guatemala

EMBRAPA. (1999). Recomendacoes técnicas para a cultura da soja no paraná. 1999/2000. Londrina: 236p. (EMBRAPA Soja. Documentos, 131).

Erner, Y., R. Goren & S.P. Monselise (1976). The rough fruit condition of the Shamouti orange connections with the endogenous hormonal balance. J. Hortic. Sci. 51: 367-374.

Duran, L. (2003). Los cítricos y los patrones adecuados. Consultado el 20 de julio de 2014 y disponible en: <http://www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/Agronomia/horticultura/propagacion/reproasexual/lduran.doc>.

Gariglio, N., Castillo A, J. M.; Almela, V. & Agustí, M. (2002). El Níspero Japonés: Técnicas para mejorar la calidad del fruto. Generalitat Valenciana, Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación. N° 52. 61 p.

Geat, M (2007) Evaluación de distintas fechas de rayado para el control de la floración en clementinos (*Citrus clementina* Blanco) cv clemenules.

Gil, G., Pérez, J., y Pszczolkowski, P. (1982). Probleme de brotación en vides.

Goren, R., Huberman, M. and Goldscmidt. (2004). Girdling: Physiological and horticultural aspects. Horticultural Reviews 30: 1-36.

Guardiola, J.L. (1992). Cuajado y crecimiento del fruto. Levante Agrícola n°321: 229-242.

Hanson, E. (1991). Movement of boron out of tree fruit leaves. HortScience 26(3): 271-273.

- Hartman, H. T., Kester D. E. (2001). Propagación de plantas, principios y prácticas, 7ª edición, Prentice Hall,
- INSIVUMEH (Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, GT). (2009). Datos meteorológicos de la estación del municipio de Coatepéque, Quetzaltenango. Guatemala. Sin Publicar.
- INTA (2012): La Incisión de corteza. Prácticas culturales, boletín Informativo, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación experimental Valle Alto, Chile.
- Juan, M. y E. Primo-Millo, (1993). El cuajado del fruto en las nuevas variedades. Levante Agrícola N° 322: 4-8.
- Köhne, S. (1988). Dwarfing avocado trees through application of new retardant.
- Kriedemann, P.E. (1968). An effect of kinetin on the traslocation of 14C-labelled photosyntate in Citrus. Aust. J. Biol. Sci. 21: 569-571.
- Lahav, E., Gefen, D, Zamet, D. (1997) The effect of girdling on the productivity
- Lima Filho, O. F. (1991). Calibracao de boro e zinco para o cafeeiro (coffea arabica L. Cv. Catuaí amarelo). Piracicaba, 100p. Tese (mestrado) – Centro de Energía Nuclear na Agricultura/USP.
- Liñan, C. (2004). Vademécum de productos fitosanitarios y nutricionales. Ediciones Aerotécnicas S.L. 20ª Ed. Madrid.
- Mauk, C.S., Bausher M. G. & Yelenosky G. (1986). Influence of growth regulator treatments on dry matter production, fruit abscission and 14C-assimilate partitioning in Citrus. J. Plant Growth Regul. 5: 111-120.
- Meeting, B., Zimmerman, W.J., Crouch, W.J., Van Staden, J. (1990). Agronomic uses of seaweed and microalgae. Introduction to applied Phycology. Ed. I. Aakatsuka. SPB. Academic Publishing, The Hague. pp 269-307.
- Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA). (2007). Limón (Citrus aurantifolia) Programa de apoyo a los Agronegocios. Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación. Guatemala. 45 p.
- Montenegro G., F. J. (2006), Estudio de diagnóstico para el sector productor y exportador de Limón (Citrus aurantifolia Christm (Swingle) en Guatemala. EAP

Zamorano, Carrera de gestión de Agronegocios, Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Gestión de Agronegocios, Honduras, 67 p.

Muñoz, H. & Valenzuela, J. (1983). Anillado en vides. IPA, La Platina 20: 29-30

Nyomora, M., P. Brown & Freeman, M. (1997). Fall foliar applied boron increases tissue boron concentration and nut set of almond. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122(3): 405-410.

OIRSA. (1999). Manual técnico buenas prácticas de cultivo de limón. San Salvador, El Salvador. 47 p.

Orozco R, J. (2003), Citricultura orgânica. En: Memorias del VII Simposio Internacional de Citricultura. Cd. Victoria, Tams.

Perica, S., P. Brown, J. Connel, M. Nyomora, C. Dordas and H. Hu. (2001). Foliar boron application improves flower fertility and fruit set of olive. HortScience 36(4): 714-716.

Primo-Millo, E. (1994). Regulación del cuajado del fruto en los cítricos. Levante Agrícola N° 326: 8-16.

PROFRUTA, (2,003). Manual del cultivo de cítricos 1a. edición, Guatemala.

Quezada, J. (1993). Efecto del anillado sobre la madurez y el tamaño de frutos en duraznero, damasco y ciruelo. Tesis Ing. Agr. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 53 p.

Ramos, E. (2001), Recomendaciones Básicas Para el Cultivo de Limón. Brasil. Edit. UFLA. 2001. 29 p.

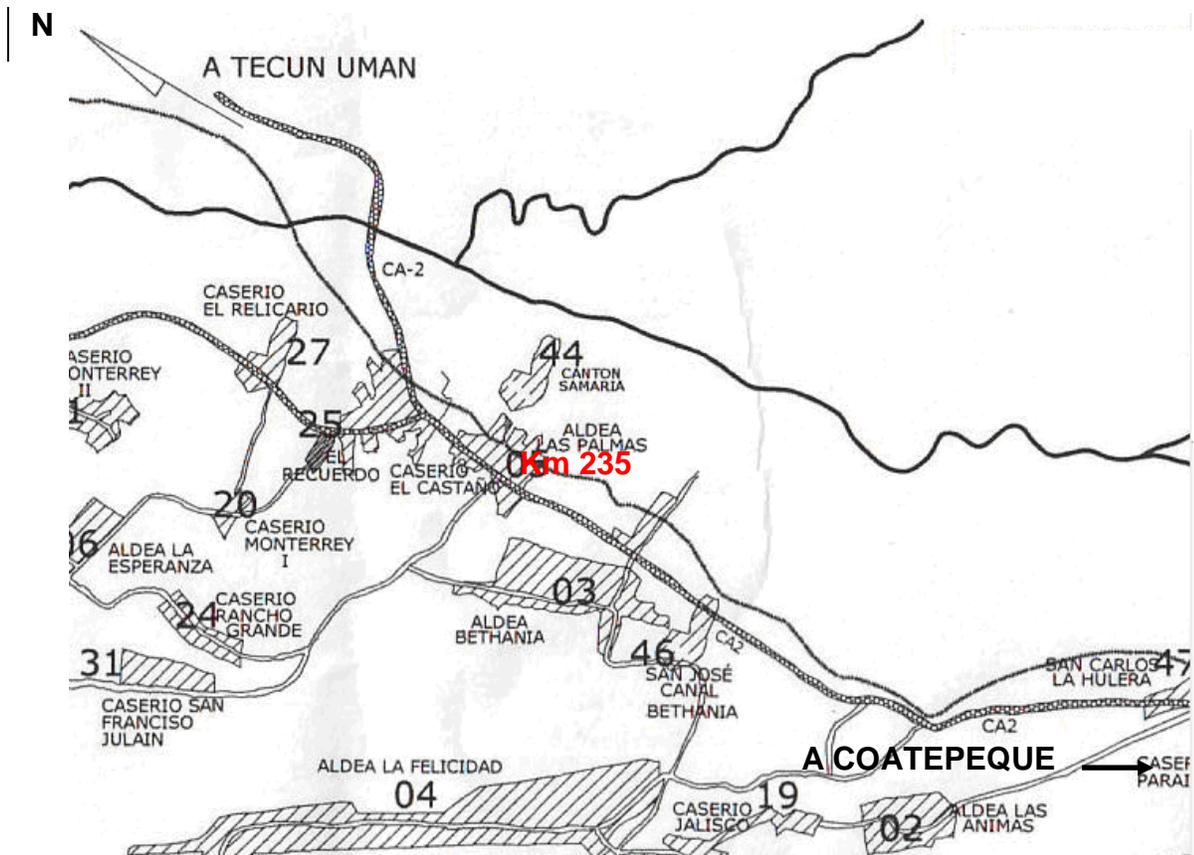
Razeto, B. y Longueira, J. (1986). Efectos del anillado de tronco y del paclobutrazol en palto cv Negra de la Cruz. Inv. Agrícola 2 (9):47-51.

Razeto, B. (2002). La fenología del limonero para efectos prácticos. Rev. Aconex (Chile) N°77: 10-15.

Saidha, T., E.E. Goldschmidt & Monselise S.P. (1985). Endogenous cytokinins from developing Shamouti orange fruits derived from leafy and leafless inflorescences. Scientia Hort. 26: 35-41.

- Sharp G.J. (1986). Ascophyllum nodosum and its harvesting in Eastern Canada. In: Case studies of seven commercial seaweed resources. FAO Technical Report, 281:3-46
- Shrestha, G., M. Thompsom and T. Righetti, (1987). Foliar applied B increases fruit set in hazelnut. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112: 416-421.
- Silva, H. & Rodríguez, J. (1995). Fertilización de plantas frutales. Ed. U. Católica, Colección en Agricultura. Santiago, Chile. 520 p.
- Southwick, S.M. and F.S. Davies, (1982). Growth regulator effects on ethylene production from Calamondin (*Citrus madurensis*) flowers. HortScience 17: 387-388.
- Talón M., J., Tadeo, I., Moya, A. (2002). Abscisión de los Frutos Cítricos: Bases fisiológicas que apoyan la "Hipótesis de la Competencia". Todo Citrus 16: 5-11.
- Tomer, E. (1977). The effect of girdling on flowering, fruit setting and abscission in avocado trees. Submitted to the Senate of the Hebrew University of Jerusalem. June 1977. 15p.
- Verkleij, F.N. (1992). Seaweed extracts in agriculture and horticulture: a review. Biol.Agri. &Hortic. 8, 309-324.
- Weaver, R. (1996) Reguladores de crecimiento de las plantas en la agricultura.

XI. ANEXOS



Anexo 1. Ubicación de la Aldea Las Palmas, Coatepeque.

Anexo 2. Cronograma de actividades

ACTIVIDADES	MES																			
	JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Elaboracion del perfil de investigacion		■	■	■	■															
Presentacion del perfil de investigacion					■	■	■	■												
Exposicion del perfil de investigacion									■											
Elaboracion del anteproyecto										■	■	■								
Presentacion del anteproyecto											■	■	■							
Exposicion del anteproyecto													■							
Revision y correccion anteproyecto													■							
Fase de campo														■	■	■	■	■	■	■
Recoleccion de datos														■	■	■	■	■	■	■
Fase de gabinets																				
Tabulacion de datos																				
Análisis estadístico																				
Analsiis y discusion de resultados																				
Elaboracion del informe final																				

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Anexo 3. Variable diámetro de frutos de Limón Persa

Tratamiento	Repeticiones				Media
	I	II	III	IV	
T1	3.8000	3.9800	3.9200	3.8500	3.8875
T2	4.8900	4.7100	4.6500	4.9600	4.8025
T3	5.3500	5.2800	5.3200	5.4000	5.3375
T4	5.6000	5.7300	5.5800	5.6700	5.6425
T5	5.8200	5.9000	5.8700	5.8200	5.8225
T6	5.0300	5.1200	4.9800	5.0500	5.0450

Anexo 4. Variable número de frutos caídos (datos transformados $\sqrt{x+0.5}$).

Tratamientos	Repeticiones				Media
	I	II	III	IV	
T1	4.1055	4.3729	4.2416	3.9641	4.1710
T2	2.2320	2.5000	2.7360	2.5000	2.4920
T3	3.1457	2.7360	2.9494	3.3284	3.0398
T4	2.7360	2.5000	2.5000	2.9494	2.6735
T5	2.5000	2.7360	2.7360	2.5000	2.6180
T6	3.1457	3.1457	2.7360	2.9494	2.9998

Anexo 5. Variable retención final de frutos (Datos transformados log (x)).

Tratamientos	Repeticiones			
	I	II	III	IV
T1	2.9493	2.9190	2.9344	2.9268
T2	3.0211	3.0374	3.0453	3.0334
T3	3.0484	3.0576	3.0711	3.0511
T4	3.0718	3.0863	3.0934	3.0827
T5	3.1205	3.1072	3.1003	3.1271
T6	3.0934	3.0700	3.0809	3.0881

Anexo 6. Variable peso de frutos

Tratamientos	Repeticiones				Media
	I	II	III	IV	
T1	66.7500	65.1400	67.3300	64.7700	65.9975
T2	80.5100	78.8800	81.3700	82.0600	80.7050
T3	84.9000	86.7500	88.4400	87.5200	86.9025
T4	93.4100	87.9300	92.6500	94.6600	92.1625
T5	98.4500	100.0800	97.8800	96.9300	98.3350
T6	94.7800	96.4400	92.9100	93.4700	94.4000

Anexo 7. Variable rendimiento en TM/ha

Tratamientos.	Repeticiones			
	I	II	III	IV
T1	34.5743	32.2443	33.4098	32.8271
T2	47.0308	48.8225	49.7183	48.3746
T3	53.9221	55.0797	56.8160	54.2597
T4	60.3572	62.4032	63.4262	61.8917
T5	72.0402	69.8572	68.7657	73.1317
T6	64.9661	61.5606	63.1324	64.1802



Anexo 8. Diámetro de frutos de limón persa



Anexo 9. Marcación de frutos para determinar curva de crecimiento



Anexo 10. Plantas de limón persa que recibieron tratamiento.