



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
CARRERA DE AGRONOMÍA

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“PRODUCCIÓN FORZADA DEL LIMÓN SUTIL (*Citrus aurantifolia* Christm. Swingle) CON LA APLICACIÓN DE AUXINAS (Ácido naftalanacético) Y GIBERELINAS (Ácido giberélico)”

AUTORES:

MOREIRA LOOR MERLY LOURDES

TOALA MISE DENNISSE KATIUSKA

DIRECTOR

Ing. ADRIANA DEL CARMEN CELI SOTO Mg. Sc.

REVISOR

Ing. GEORGE ALEXANDER CEDEÑO GARCÍA Dr. Sc.

SANTA ANA – MANABÍ – ECUADOR

2019

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TEMA

“Producción forzada del limón sutil (*Citrus aurantifolia* Christm. Swingle) con la aplicación de auxinas (Ácido naftalanacético) y giberelinas (Ácido giberélico)”

TRABAJO DE TITULACIÓN

Sometida a consideración del Tribunal de Seguimiento y Evaluación, legalizada por el Honorable Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

Ing. Francisco Arteaga Alcívar

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Dr. Ramón Jaimez Arellano

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Juan Flor Vínces

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

CERTIFICACIÓN

Ing. ADRIANA DEL CARMEN CELI SOTO Mg. Sc.

CERTIFICO:

Que el trabajo de titulación: **“PRODUCCIÓN FORZADA DEL LIMÓN SUTIL (*Citrus aurantifolia* Christm. Swingle) CON LA APLICACIÓN DE AUXINAS (Ácido naftalanacético) Y GIBERELINAS (Ácido giberélico)”**, es trabajo original de las egresadas Merly Lourdes Moreira Loor y Dennisse Katiuska Toala Mise, el cual fue realizado bajo mi dirección.

Atentamente,

Ing. Adriana del Carmen Celi Soto Mg. Sc.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICACIÓN

Ing. GEORGE ALEXANDER CEDEÑO GARCÍA Dr. Sc.

CERTIFICO:

Que he revisado estilo y ortografía del trabajo de titulación: **“PRODUCCIÓN FORZADA DEL LIMÓN SUTIL (*Citrus aurantifolia* Christm. Swingle) CON LA APLICACIÓN DE AUXINAS (Ácido naftalanacético) Y GIBERELINAS (Ácido giberélico)”**, el presente trabajo de investigación ha sido escrito de acuerdo a las normas ortográficas y sintaxis vigente en el REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ.

Atentamente,

Ing. George Alexander Cedeño García Dr. Sc.

REVISOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

DECLARACIÓN

MOREIRA LOOR MERLY LOURDES Y TOALA MISE DENNISSE KATIUSKA, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración de este trabajo investigativo es de sumo derecho de propiedad intelectual de los autores.

Merly Lourdes Moreira Loor

Dennisse Katiuska Toala Mise

DEDICATORIA

Mi tesis de grado se la dedico a mis seres amados que son mi familia:

A mi padre que con todo su esfuerzo trabajó desde siempre y esmeradamente para darme una buena formación académica, siempre preocupado por mi bienestar y deseoso de que progrese como profesional.

A mi madre que siempre estuvo a mi lado dándome aliento para seguir adelante y por darme el empujón que siempre necesité para convertirme en una mujer de progreso.

A mis hermanos que con sus consejos fueron un gran apoyo en mi vida.

Y en especial se la dedico a los amores de mi vida que son mi esposo y mi hijo, gracias por creer en mi capacidad y apoyarme durante todo el trayecto de mi carrera y por brindarme su comprensión, ambos son mi gran motivación e inspiración para ser mejor persona de la que ayer fui.

Merly Lourdes Moreira Loor

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios porque gracias a él he llegado hasta donde estoy, te doy gracias padre amado porque con tu bendición me has permitido culminar mis estudios de la universidad.

También agradezco a mis padres porque les debo todo lo que soy como persona, por cada aliento diario que me dieron con el cual me inspiraban a ser una mejor persona cada día; y por darme la oportunidad de prepararme para que en un futuro pueda ejercer mi carrera y desenvolverme como una excelente profesional.

Quiero agradecer a mi esposo porque desde un principio supo apoyarme y esperarme para culminar mis estudios, para que siempre sea una mujer que sepa valerse por sí misma y de progreso.

Gracias a mi tutora que fue quien me transmitió sus enseñanzas y supo ser la guía en cada etapa de mi proyecto de tesis, ayudándome a perfeccionarla.

Gracias a todos por impulsarme a la superación de mi carrera ya que crearon en mí el afán y el deseo de culminar con éxito mi proyecto de tesis.

Merly Lourdes Moreira Loor

DEDICATORIA

A Dios por darme sabiduría y guiarme a lo largo de este camino de aprendizaje, por no dejarme desfallecer en los malos momentos, permitiéndome así disfrutar de esta oportunidad a lado de mis seres queridos.

Con profundo amor a mis bellas madres Isabel Mise, Angela Pilligua, Rosa Tello, Natty Guadamud, Bella Reyes y Guadalupe Mise, por demostrarme su cariño, por la fé que depositaron en mí, por su apoyo incondicional, por los valores enseñados, por sus consejos, por las enseñanzas de vida, me enseñaron el valor del estudio, la importancia de perseverar y luchar por mis sueños, ustedes mi mayor inspiración y fortaleza de seguir adelante. Gracias a ustedes por la confianza y por la persona que soy, las amo.

A mis familiares y amigos por su apoyo incondicional, confianza y comprensión en los buenos y malos momentos.

Dennisse Katuska Toala Mise

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme disfrutar de la oportunidad de lograr otro escalón de vida como terminar la carrera con éxito.

A la Ing. Adriana Celi Soto, por la confianza y el tiempo dedicado como tutora de tesis, por el conocimiento y la enseñanza que transmite como profesional y ser humano, por estar siempre dispuesta a ayudar, guiar e instruir, por estar en constante búsqueda de superación de sus pupilos, por ser una persona noble sencilla, dedicada y responsable.

Al Dr. George Cedeño, por su amistad y confianza, por ayudarme en el análisis y los datos estadísticos, por el apoyo que me brindó como revisor de tesis, por el conocimiento impartido, por su guía y por su disponibilidad de tiempo ayudándome a culminar este valioso trabajo.

A mis compañeros en las buenas, malas y peores Jonathan Cedeño y Fernando Macías, por estar siempre dispuestos a ayudarme a realizar las labores de campo y de laboratorio, por todos esos buenos momentos compartidos llenos de risas y los consejos para no decaer y avanzar a la meta.

Dennisse Katiuska Toala Mise

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	ANTECEDENTES	3
III.	JUSTIFICACIÓN.....	5
IV.	OBJETIVOS	6
4.1.	General.....	6
4.2.	Específicos.	6
V.	MARCO TEÓRICO.....	7
5.1.	Origen y distribución de limón	7
5.2.	Requerimientos edafoclimáticos de los cítricos.....	7
5.3.	Manejo de cultivo	8
5.4.	Plagas y enfermedades de los cítricos.....	9
5.5.	Desarrollo y formación de la flor.....	11
5.6.	Inducción y diferenciación de la flor	11
5.7.	Amarre y desarrollo de fruto.....	11
5.8.	Estados de desarrollo del fruto.....	13
5.9.	Factores que determinan el tamaño del fruto	13
5.9.1.	Factores internos del fruto	14
5.9.2.	Factores externos del fruto.....	14
5.10.	Producción forzada	14
5.10.1.	Uso de reguladores de Crecimiento	14
5.10.2.	Auxinas.....	15
5.10.3.	Giberelinas.....	17

VI.	DISEÑO METODOLÓGICO	19
6.1.	Ubicación del ensayo.	19
6.2.	Manejo del experimento	19
6.3.	Diseño Experimental.....	19
6.4.	Análisis estadístico	20
6.5.	Variables de estudio.....	20
VII.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	22
VIII.	CONCLUSIONES	29
IX.	RECOMENDACIONES	30
X.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
XI.	ANEXOS	40

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Tratamientos de estudio.....	20
Tabla 2. Producción Forzada en el limón sutil (<i>Citrus aurantifolia</i> Christm. Swingle con la aplicación de ANA y GA ₃	22
Tabla 3. Rendimiento, peso de fruta y peso pulpa del fruto de limón sutil (<i>Citrus aurantifolia</i> Christm. Swingle con la aplicación de ANA y GA ₃	23
Tabla 4. Peso de cascara, diámetro ecuatorial y polar del fruto de limón sutil (<i>Citrus aurantifolia</i> Christm. Swingle) con la aplicación de ANA Y GA ₃	25
Tabla 5. Firmeza ecuatorial, polar y contenido de jugo del fruto de limón sutil (<i>Citrus aurantifolia</i> Christm. Swingle) con la aplicación de ANA Y GA ₃	26
Tabla 6. Número de semillas, acidez titulable (ATT), °Brix y pH en limón sutil (<i>Citrus aurantifolia</i> Christm. Swingle) con la aplicación de ANA Y GA ₃	27

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Selección de árboles en el huerto experimental.....	40
Anexo 2. Aplicación foliar de fitohormonas en el huerto experimental.....	40
Anexo 3. Toma de datos en el huerto experimental.....	41
Anexo 4. Cosecha de limón sutil.....	41
Anexo 5. Mediciones de variables de estudio en el Laboratorio.....	42

RESUMEN

La producción forzada es una técnica que puede cambiar el patrón de crecimiento y floración, permitiendo programar la época de cosecha. Con el objetivo de evaluar el efecto de las auxinas y giberelinas en producción forzada de limón sutil (*Citrus aurantifolia* Christm. Swingle), se realizaron dos ensayos: 1) Raleo manual combinado con la aplicación de 75 ppm AG₃ y 100 ppm ANA en la localidad Maconta, Portoviejo; y 2) El efecto los reguladores de crecimiento sin realizar el raleo manual, en la localidad Calceta, Bolívar. Las variables evaluadas fueron rendimiento, peso fruto, peso pulpa, peso cascara, diámetro ecuatorial y polar, firmeza polar y ecuatorial, contenido de jugo, número de semillas, ATT, °brix y pH. Los resultados indicaron que la aplicación con 75 ppm de GA₃ obtuvo resultados estadísticamente significativos ($p < 0,05$) en rendimiento (12029,19 kg/ha), peso de fruta (62,01 g), peso pulpa (51,80 g), diámetro ecuatorial (4,58 cm), diámetro polar (5,02 cm) y contenido de jugo (25,82 ml). En el raleo es significativo ($p < 0,05$) en firmeza ecuatorial (13,87 kg/cm³), polar (14,53 kg/cm³) y grados brix (7,83%). En la interacción de los factores se obtuvo valores estadísticamente significativos ($p < 0,05$) en 75 ppm GA₃ y raleo en rendimiento, peso fruto, pulpa, diámetro ecuatorial y polar y acidez titulable. Se concluyó que tanto GA₃ y el raleo tienen efectos positivos en el rendimiento, desarrollo del fruto y características de calidad para el consumo de esta fruta.

Palabras claves: *Citrus aurantifolia*, producción forzada, raleo, ácido giberélico, ácido naftalanacético, rendimiento, calidad.

SUMMARY

Forced production is a technique that can change the pattern of growth and flowering, allowing to program the harvest time. In order to evaluate the effect of auxins and gibberellins on forced production of subtle lemon (*Citrus aurantifolia* Christm. Swingle), two trials were carried out: 1) Manual thinning combined with the application of 75 ppm AG₃ and 100 ppm ANA in the locality Maconta, Portoviejo; and 2) The effect of growth regulators without manual thinning, in the locality Calceta, Bolívar. The variables evaluated were yield, fruit weight, pulp weight, shell weight, equatorial and polar diameter, polar and equatorial firmness, juice content, number of seeds, ATT, °brix and pH. The results indicated that the application with 75 ppm of GA₃ obtained statistically significant results ($p < 0.05$) in yield (12029.19 kg / ha), fruit weight (62.01 g), pulp weight (51.80 g), equatorial diameter (4.58 cm), polar diameter (5.02 cm) and juice content (25.82 ml). In thinning it is significant ($p < 0.05$) in equatorial firmness (13.87 kg / cm³), polar (14.53 kg / cm³) and brix degrees (7.83%). In the interaction of the factors, statistically significant values ($p < 0.05$) were obtained at 75 ppm Ga₃ and thinning in yield, fruit weight, pulp, equatorial and polar diameter and titratable acidity. It was concluded that both GA₃ and thinning have positive effects on yield, fruit development and quality characteristics for the consumption of this fruit.

Keywords: *Citrus aurantifolia*, forced production, thinning, gibberellic acid, naphthalanacetic acid, yield, quality.

I. INTRODUCCIÓN

Los limones y las limas son los cítricos que se producen principalmente para el mercado de productos frescos su zumo es utilizado primordialmente para dar sabor a las bebidas (Hernández *et al.*, 2014), los productores principales son Brasil, China, India, Estados Unidos, México y España; siendo la producción a nivel mundial de limas y limones de 17218173 toneladas, en América del Sur de 3671132 toneladas y en el Ecuador es de 30702 toneladas (FAO, 2017).

Ecuador por su clima tropical es considerado un país apto para la producción de limón sutil (*Citrus aurantifolia* Swingle) es el más cultivado, seguido del limón Tahití (Méndez, 2016), localizado principalmente en las provincias de Manabí (12074 t), Pichincha (2475 t), Los Ríos (464 t), Loja (533 t) y la Península de Santa Elena (606 t); donde la mayor producción se genera en la Costa, aportando el 61.64% de la producción nacional (SIPA, 2018).

En el sector productivo de limón sutil existe una sobreoferta en el mercado, siendo pronunciada en los meses que van de noviembre a mayo, durante ese tiempo el precio del limón tiende a bajar considerablemente esto repercute en los pequeños productores, pues los comerciantes intermediarios toman ventaja en la compra, conllevando a que el citricultor no recupere la inversión en este cultivo (Quezada, 2015). Los meses de mayor precio comercial del limón sutil oscila entre Junio a Octubre debido a la baja producción reportada en la provincia de Manabí (Logroño, 2011).

En los cítricos el desarrollo vegetativo, el comportamiento del rendimiento y los factores que intervienen en ellos son de gran importancia para el manejo de cítricos, por lo que resulta indispensable utilizar tecnología accesible que mejore la producción, la nutrición, sanidad, riego y poda, para fomentar un buen rendimiento (Almenares *et al.*, 2015).

El uso de fitohormonas y bioestimulantes en limón aplicados en época de mayor escasez, son una técnica rentable que favorece la sustentabilidad y sostenibilidad de la producción en los mercados nacionales e internacionales (Ariza *et al.*, 2015).

El uso de ácido giberélico en cítricos es altamente rentable al productor, este aplicado en condiciones de cultivos adecuadas permite una producción de frutas de excelente calidad en cuanto a tamaño y aspecto para los mercados exigentes (Ochoa, 2011).

El ácido indolacético (IAA) regula muchos aspectos del desarrollo vegetal en las plantas, este afecta el crecimiento del tallo, hojas, raíces y el desarrollo de ramas laterales y frutos, además promueve el crecimiento de estos órganos vegetales estimulando la elongación o alargamiento de ciertas células e inhibiendo el crecimiento de otras, en función de la cantidad de auxina en el tejido vegetal y su distribución (Gaona 2014).

La producción de limón sutil no se da uniformemente, debido a este comportamiento en las zonas citrícolas existe la necesidad de emplear técnicas de producción forzada, que permitan cambiar este patrón de crecimiento y floración, y de esta manera programar la época de cosecha (Vargas *et al.*, 2011). En Ecuador, particularmente en Manabí no hay experiencias sobre métodos de producción forzada. Por tanto, es una necesidad investigar a nivel local, en las condiciones de la provincia manabita, los efectos que tiene el uso de fitohormonas (giberelinas y auxinas) en el desplazamiento de la época de cosecha en limón sutil.

Con lo antes expuesto se busca mejorar o emplear nuevas técnicas en la producción del limón y obtener cosechas en épocas de escasez en el mercado por lo que se plantea lo siguiente ¿Cómo influye el uso de las auxinas y giberelinas en la producción forzada de limón sutil?

II. ANTECEDENTES

Cervantes, Tejacal y Flores (2014) mencionan que se han utilizado distintos métodos que pueden desfasar el momento de cosechar los cítricos, particularmente en limón; haciendo que coincida en épocas donde el precio es más favorable para los productores; y dentro de esos métodos involucran algunas prácticas como poda, anillado, defoliación, manejo de agua, fertilización y aplicación de promotores de brotes.

Vargas, Espinoza y García (2011) realizaron un estudio en México, con el objeto de desfasar la producción de limón persa, realizando poda de despunte más la aplicación de urea al 10%, observaron que aquellos resultados obtenidos en floración (118.75 flores·m⁻²) realizados con la técnica anteriormente mencionada fueron mayores que el testigo (6.5 flores·m⁻²); obteniendo más frutos y de buena calidad.

Ferraté y Salazar (2014) realizaron un trabajo de producción forzada en Honduras, con el objetivo de desfasar la producción de limón Tahití hacia los meses de mayor escasez del fruto. Los tratamientos más efectivos en reducir la floración y fructificación fueron las aplicaciones de Ácido Giberélico a 25 ppm combinadas con 250 y 300 ppm de Etephon.

Por otra parte, Valenzuela (2013), efectuó aplicaciones cada 15 días de la auxina Ácido Naftalanacético, esta aplicación se llevó durante un período de seis semanas después de la última cosecha; hasta 15 días antes de iniciar la fase de floración. Lo cual provocó en los árboles de limón persa un incremento del número de flores, especialmente en los tratamientos donde se aplicaron las dosis de 200 y 150 ppm de ANA con 17,754 y 17,412 flores/árbol respectivamente. Las concentraciones de 150, 100 y 200 ppm de la auxina presentaron los mejores tamaño de fruto con 97.44, 96.78 y 95.22 cm/fruto respectivamente. Con relación al efecto del ANA sobre la calidad del fruto de limón persa, se demostró que a mayor dosis de ANA mayor contenido de sólidos solubles y tamaño del fruto. La dosis de 200 ppm presentó la mayor cantidad de frutos por árbol con 1,308 frutos y mostró el mayor rendimiento que los demás tratamientos, con 41,492.13 kg/ha.

Otras investigaciones realizadas en México realizadas por Cervantes, Tejacal y Ariza (2017), en el que indujeron una producción forzada en limón persa mediante poda, aplicación de urea (6%) o biofol y anillado en septiembre y octubre notaron un incremento significativo en el rendimiento entre 40.1 y 57.1 kg de frutos por árbol con un aumento

en la producción en los meses febrero y marzo, cuando el precio del limón persa se incrementa considerablemente en este país.

III. JUSTIFICACIÓN

La producción y comercialización de limón favorece el mercado local, esta actividad es realizada por pequeños y medianos productores, quienes en su mayoría no cuentan con los recursos económicos y el conocimiento agronómico para implementar nuevas tecnologías al cultivo (Salgado, 2013).

Según SINAGAP (2017) uno de los principales productos de consumo nacional que reportaron incrementos significativos en sus precios fueron: limón sutil (59%). El aumento en el precio de limón sutil se debe a factores climáticos que afectaron la floración del cultivo, por lo que hay poca producción, especialmente en las provincias de Manabí y Santa Elena.

Como consecuencia de este inconveniente y el desconocimiento de técnicas para obtener cosecha en época favorable en el mercado, el agricultor se limita y disminuye el interés en invertir en la producción de limón y no implementa nuevas prácticas en el manejo agronómico para la producción y obtención de frutas de calidad (Lerzundi, 2012).

Con los argumentos mencionados y la escasa investigación sobre el uso de reguladores de crecimiento en producción forzada de limón sutil en la Provincia de Manabí, se pretende determinar la influencia de la aplicación de hormonas en la producción forzada de limón sutil como una técnica rentable en cuanto a producción y calidad en los limoneros.

IV. OBJETIVOS

4.1. General.

- ✓ Evaluar el efecto de la aplicación de auxinas y giberelinas en la producción forzada de limón sutil (*Citrus aurantifolia* Christm. Swingle)

4.2. Específicos.

- a) Determinar los días a floración en el limón sutil con la aplicación de auxina y giberelinas, mediante un raleo manual.
- b) Determinar el efecto de auxina y giberelina sobre el rendimiento y calidad del fruto de limón sutil en la producción forzada.

V. MARCO TEÓRICO

5.1. Origen y distribución de limón

El origen de los cítricos data desde hace 20 millones de años, además señala que numerosas especies del género Citrus provienen de las zonas tropicales y subtropicales de Asia y del archipiélago Malayo (Agustí M., 2008). Las estadísticas realizadas por la FAO (2017) indican que los principales países productores de limas y limones según el valor de la producción por miles de toneladas son India con (2 613.8), México (2 270.0), China (2 405.9), Argentina (1 500.0), Brasil (1 214.5), España (950.0). USA (847.0) y Turquía (670.0) respectivamente. Los principales países exportadores son México con una exportación de (627.4), España (624.3), Turquía (449.3), Argentina (279.3), Sur de África (245.0).

5.2. Requerimientos edafoclimáticos de los cítricos

Altitud: Los cítricos se desarrollan desde el nivel del mar hasta 2200 msnm (García B., 2014).

Suelo: Los cítricos poseen un sistema radicular muy superficial y con un limitado número de pelos absorbentes, por lo cual es importante eludir suelos arcillosos y mal drenados, pues se desarrollan mejor en suelos de textura franco arenosos, francos, o franco arcillosos, con buen drenaje y aireación, la profundidad recomendada es de 2-4 m para favorecer el drenaje natural y el crecimiento de raíces (Agustí, 2010).

En cuanto a la acidez del suelo un pH entre 5,5 y 8,5 son óptimos para lograr una buena cosecha. Y si el pH sobrepasa de 8,5, habrá mayor presencia de sales de sodio, las cuales son tóxicas para los cítricos. Además, representarían un problema especialmente en el fertirriego, debido a la posibilidad de que se presenten precipitados de calcio y magnesio, a más de influir en el incremento del pH del suelo y por tanto limitar el aprovechamiento de nutrientes hacia la planta (Agustí, 2010).

Temperatura: El limón es una especie de climas templados, cálidos y subcálidos; sin embargo, las zonas aptas para el desarrollo de este cultivo son las que tienen temperaturas medias mínimas de 13 °C y máxima de 34 °C siendo las temperaturas óptimas para su desarrollo entre 23 y 28 °C. Por debajo de 10 °C cesa la actividad del árbol y menos de 4°C la calidad del fruto se ve afectado (Ferrerías, García, & Porras,

2003). Durante el cambio del clima, iniciando el invierno, las yemas inician un estado de reposo debido al descenso de la temperatura, pero en el momento que la temperatura de suelo ascienda a los 12°C la brotación de las yemas inician (Agustí et al., 2003); (Martínez J., 2015).

Humedad relativa: El rango adecuado para el crecimiento y producción del limón se encuentra entre el 40 y 70%, y mayor a esta proliferan las enfermedades causadas por hongos (IICA, 2005).

Luz solar: Los cítricos requieren de alta luminosidad (1.800 hrs/luz/año), por eso son tan importantes realizar podas (IICA, 2005).

Agua: Durante la época seca el limón necesita entre 9000 y 12000 m³/Ha/año, los cuales deben aplicarse frecuentemente con un volumen adecuado. Es importante evitar un déficit hídrico porque afecta la floración, fructificación y produce una maduración temprana del fruto y por tanto menor cantidad de jugo; así mismo se debe de evitar altos periodos de inundación porque la planta no lo toleraría (Angulo, 2016).

Por otro lado, Vegas & Narrea (2011) indican que el limonero bajo condiciones de riego por gravedad consume entre 16,000 y 18,000 m³/ha y bajo sistema de riego por goteo, 9,500 a 10,500 m³/ha. Según datos recopilados por Vélez, Álvarez, & Alvarado (2012) recomiendan aplicaciones de 10, 15, 25, 45 y 65 litros de agua por árbol diarios (L.a-1.d-1), desde el primero al sexto año respectivamente, pasando los seis meses 100 L.a-1.d-1.

5.3. Manejo de cultivo

Poda: La poda es una práctica laboral muy importante dentro de los cítricos para regular el crecimiento vegetativo, desarrollo y producción y se clasifican en varios tipos: Podas de formación, de mantenimiento, de rehabilitación o renovación, poda mecánica o no selectiva (Vanegas, 2002).

Podas de formación la cual se basa en eliminar los brotes en el patrón, mamones y se la puede efectuar en los 3 primeros años realizando un despunte para estimular la brotación con crecimiento libre, seleccionando las 3 o 4 ramas principales y empleando un segundo despunte para formar las ramas secundarias (Padrón y Rocha, 2007), podas de mantenimiento recomendables a partir de los 3 años, con la finalidad de mantener la sanidad y la capacidad productiva de la planta, radica en cortar desde la base a todas las

ramas que estén secas y/o enfermas, de igual manera a las que sean improductivas (mamones), entrecruzadas; también es necesario que corten todas las ramas bajas que están rozando el suelo y cortarlas a una altura de 40 a 50 cm (UNODC, 2017). Podas de rehabilitación o renovación se la ejerce cuando una plantación ha sufrido un mal manejo y por ende la producción es baja, radica en realizar una poda severa, cortando las ramas secundarias, dejando sólo las principales; es importante utilizar pastas protectoras sobre el corte de cada rama para lograr una cicatrización rápida y evitar dejar una puerta de entrada para los patógenos (INIAP, 2010). Poda mecánica o no selectiva que se emplea cuando una plantación ha crecido libremente, tiene por objetivo mejorar la iluminación externa y a su vez facilita las labores de manejo y cosecha (Vanegas, 2002).

5.4. Plaga y enfermedades de los cítricos

Las plagas y enfermedades de importancia en los cítricos se describen a continuación:

Plagas.

Mosca blanca (*Aleurothrixus floccosus* Mask).- La mosca blanca es uno de los insectos que se alimenta de la savia de las hojas de los cítricos y a su vez produce grandes cantidades de serosidad en forma de algodón y la mielecilla, en donde se desarrolla la fumagina, esta es una especie perteneciente a los homópteros, y puede ser combatida por medio de aspersiones con aceite agrícola + insecticida al 0,05 %. Lorsban al 0,01 %, Roxión al 0,1%, Basudín al 0,1 % (Tello *et al.*, 2019).

Ácaro blanco, (*Polyphatarsonemus latus*).- Es una plaga que infecta hojas, ramas y frutos, sus daños se direccionan hacia las células epidérmicas y su presencia se puede evidenciar al observar un tono blanquecino simulando unas manchas de color blancas y al tocar son ásperas, el órgano infectado generalmente presenta una reducción en el tamaño, peso y porcentaje del jugo, los ácaros raspan la corteza de los fruto y de las hojas y esto causa la salida de aceites esenciales que al ponerse en contacto con el sol se tornan unas manchas oscuras (Rodríguez & Mesa, 2012).

Pulgones, *Aphis spiraecola*, *Aphis gossypii* *Toxoptera aurantii*.- Los pulgones en estados de ninfas y adultos causan daños al alimentarse de la savia que se encuentran en los brotes y hojas jóvenes; se puede constatar su incidencia al observar una deformación de las hojas y retraso en el desarrollo, además las hormigas, delatan la presencia de los pulgones, también se observan la presencia de fumagina, manchado del fruto. Se puede

combatir controlando el agua y la fertilización nitrogenada, eliminando las malezas, liberando controladores: Mariquitas, *Crhysopepla externa*, Parasitoides (*Lisyphlebus testaceipes*, *Aphidius matricariae*, *Aphidus colemani*). También se pueden crear trampas para Afidos: Bandeja amarilla con agua, o trampas amarillas pegantes; aplicar detergentes o jabones potásicos, capsaicina, aplicaciones de acaricidas, abamectina, o aceite vegetal al 1% cuando se sobrepase el 5% de frutos infestados (León, 2012).

Enfermedades.

Mancha de la hoja y Pudrición negra del fruto (*Alternaria sp.*).- Es una enfermedad causada por *Alternaria citri*, caracterizada por destruir los tejidos de las hojas, produciendo manchas necróticas en las mismas, cuando la enfermedad afecta los frutos se puede observar una parte seca, negra, en descomposición, y si la infección es severa llega hasta el corazón del fruto. Como control se puede utilizar compuestos de cobre como Kocide 0,1 %, Kaptan al 0,25 % o Zineb al 0,25 % (Timmer *et al.*, 2001).

Fumagina (*Capnodium citri*).- La enfermedad la causa *Capnodium citrieste*, un hongo que se desarrolla saprofíticamente en la mielecilla que segregan los insectos tales como escamas, áfidos, ninfas de mosca blanca. Cuando es alto el nivel de infestación de estos insectos, se puede observar que los frutos y las ramas están cubiertos por la mielecilla que es una solución azucarada, que después de descomponerse es cuando se desarrolla el hongo de color negro y su daño repercute en obstaculizar la entrada de la luz dificultando la fotosíntesis. Por eso es importante controlar a los insectos que segregan la mielecilla; y cuando el hongo se encuentre desarrollado se debe aplicar aceite agrícola al 1 %, su efecto será aflojar el hongo para que pueda ser desprendido. Además, se pueden realizar aplicaciones de caldo Bordelés (3,5 g / litro) y oxiclóruo de cobre (0,3 a 0,5 kg por 100 litros de agua) (Quispe, 2015).

Gomosis (*Phytophthora parasitica* Dast).- Esta enfermedad ataca directamente a la corteza del tronco, por lo general en la parte de la unión del injerto o por encima de él, dentro de los síntomas se puede observar la existencia de unas gotas de goma por encima de la corteza, que si se raspa se logra ver una parte de corteza enferma de color castaño que cubre la madera muerta. Si la enfermedad se desarrolla, la pudrición del pie rodea parcialmente el tronco, y a su vez se observa un decline del árbol, poco follaje y de color pálido, nervio central de las hojas se amarillan y sus frutos son pequeños. Entre las medidas preventivas contra la pudrición del pie se recomienda la utilización de patrones

resistentes, buen drenaje, evitar lesiones en el tronco y raíces. Cuando la infección se descubre en un estado muy avanzado se limpia la corteza infectada y se aplica una pasta bordelesa (ICA, 2012).

5.5. Desarrollo y formación de la flor

La fenología de la flor del limonero pasa por las distintas etapas: 1) Yema en reposo, 2) Brotadura de yemas y se hacen visibles los primordios florales, 3) Aparece la corola, 4) Se ven los estambres, 5) Primera flor, 6) Plena floración, 7) Caída de los pétalos, 8) Frutos cuajados 9) Crecimiento del fruto. Y señala que dentro de los procesos de la floración se distinguen dos fases: diferenciación de meristemos y desarrollo de la flor; cuyo proceso asegura que es continuo y que cesa con la apertura de las flores o antesis (Martínez, 2017).

5.6. Inducción y diferenciación de la flor

Se denomina inducción floral a los cambios fisiológicos que sufre una yema evolucionando a yema de flor; mientras que la diferenciación floral, es el siguiente cambio fisiológico que da lugar a la aparición de los primordios florales (Casas y Centeno, 2016). Después de apreciar la yema de flor se van a presenciar cambios morfológicos, los mismos que respectan a la diferenciación y se observaran mediante la aparición de primordios florales (Agustí M., 2008). La diferenciación floral es la transición morfológica y anatómica de los meristemos vegetativos a meristemos florales, se produce un aplanamiento del meristemo lo cual da origen a los sépalos así como la diferenciación de los primordios de los pétalos, estambres y carpelos (Almenares et al., 2010). La floración está controlada por factores exógenos como la longitud del día, temperatura y estrés hídrico y por factores endógenos como el estado de nutrición y las hormonas; cada uno de estos factores se encarga de activar las rutas de señalización particulares claves para el proceso de floración (Rodríguez y Guerrero, 2013).

5.7. Amarre y desarrollo de fruto

El amarre de fruto es la transición de la flor a fruto maduro, pero solamente se da cuando se haya detenido la abscisión en cítricos, se podrá determinar la tasa final del cuajado, y eso ocurre 10 a 12 semanas posteriores a la antesis; el cuajado inicial, como el porcentaje de ovarios que reanudan el crecimiento después de la antesis, y como cuajado final, al porcentaje del número de flores que logran formar un fruto (Micheloud, 2013).

El proceso de la transformación de un ovario para poder convertirse a un fruto en desarrollo con capacidad para llegar a fruto maduro, es regulada por giberelinas; por tanto, la deficiencia de dicha hormona deriva a un alto índice de caída de ovarios, además un bajo cuajado de fruto, terminando en una baja producción durante la cosecha (Rebolledo Roa, 2006)

El cuajado en cítricos se puede producir sexual y asexualmente, para los primeros ocurre a través de la acción de la polinización y fecundación y para los segundos por medio de la partenocarpia (Restrepo et al., 2012). Tanto para los cuajado sexual y asexual la síntesis de giberelinas es la responsable de que el fruto inicie su desarrollo (Mesejo, 2018). El cuajado de frutos ocurre básicamente por dos factores; uno de ellos es la presencia de giberelinas para que actúe como un estímulo hormonal que de paso a la división celular para el crecimiento del fruto evitando la abscisión, y el segundo se debe al suministro de metabolitos del cultivar (Galván et al., 2009).

Es importante llevar un control de la floración, pues esto permitirá en muchos casos aumentar la cuantía y la calidad de las cosechas. Se sabe que después de una abundante cosecha el árbol no florece lo suficiente, y es aquí donde se puede intervenir por medio de aplicaciones exógenas con el objetivo de aumentar la floración, y cuando hay árboles que florecen en abundancia exigen tratamientos con la finalidad de reducirlos porque a mayor intensidad de floración menor cantidad de frutos cuajados debido a la competencia por los fotoasimilados (Talón et al., 200).

Tras el incremento de la intensidad de la floración se puede realizar aplicaciones de GA₃ para aumentar la capacidad de sumidero del fruto, sin embargo, cuando la planta no es capaz de satisfacer la demanda de todos los frutos, los más propensos caerán y la acción de la hormona podrá verse afectada y no podrá promover el amarre de las variedades partenocarpías deficientes en su síntesis (Agustí M., 2012).

Una manera de evitar tener una floración muy intensa en el árbol y por tanto una reducción de cuajado, es realizar aplicaciones de ácido giberélico para que actúe inhibiendo la floración. En cítricos es importante tener en cuenta la época del tratamiento para que la hormona sea eficaz, ya que existen dos momentos de mayor sensibilidad; la primer época es durante el reposo vegetativo, y la segunda durante el comienzo de la brotación, teniendo en cuenta que en esta última el tiempo es breve y por tanto se debe de aplicar cuando se hinchen las yemas, debido a que si la aplicación se adelanta no

reaccionará la planta y si ya ha iniciado el desarrollo de las flores tampoco se logra la inhibición de la floración y se vuelve irreversible el proceso (Agustí et al., 2003).

5.8. Estados de desarrollo del fruto

El desarrollo del fruto sigue una curva sigmoideal, a partir la antesis hasta la maduración, donde presenta tres fases bien diferenciadas, en la primera fase se evidencia un crecimiento exponencial desde la antesis hasta la caída fisiológica del fruto, donde se observa un incremento en el grosor del pericarpio y se da la diferenciación de todos los tejidos, la segunda fase se considera de crecimiento lineal y se forman diferentes tipos de tejidos, hay elongación celular y las vesículas se llenan de azúcares, ácidos y agua (Suárez et al., 2007). En la tercera fase disminuye la tasa de crecimiento y se producen cambios indicando que inicia la maduración del fruto. Durante el desarrollo y maduración los cítricos obtienen las propiedades de calidad como tamaño, forma, color, textura, número de semillas, entre otras, además de componentes químicos como azúcares, ácidos, compuestos volátiles y la vitamina C (Villalba, Herrera, & Orduz, 2013).

Los cítricos son frutos no climatéricos, es decir, su intensidad respiratoria y producción de etileno no exhiben un notable aumento durante su maduración y no presentan cambios marcados en su calidad interna después de la cosecha. Las condiciones climáticas inciden en la calidad y tasa de crecimiento y desarrollo del fruto en cítricos (Agustí M. , 2008).

Los frutos que logran acumular metabolitos son los que logran desarrollarse; además de factores ambientales y de cultivo, especialmente el riego y la fertilización inciden directamente sobre el desarrollo del fruto y su tamaño final; pero manipulando a la planta a través de técnicas de cultivos se puede aumentar el tamaño de fruto incluso en óptimas condiciones; como por ejemplo realizando un aclareo de frutos para disminuir la competencia, o incrementando la disponibilidad de metabolitos para el fruto, modificando el equilibrio hormonal para aumentar la capacidad de crecimiento del fruto (Agustí M., 2010).

5.9. Factores que determinan el tamaño del fruto

El tamaño del fruto depende de factores internos donde se determina por la capacidad de sumidero que tiene la planta y en parte por el potencial genético del fruto y por factores externos que determinan la disponibilidad de metabolitos para el crecimiento del fruto

(Rebolledo Roa, 2006). Las prácticas de anillado, aclareo de frutos o suplementación de sacarosa, son empleadas para incrementar el amarre de frutos (Agustí M., 2012).

5.9.1. Factores internos del fruto

La importancia de la capacidad sumidero del fruto porque asegura que es un factor determinante para competir por los foto asimilados de la planta, la cual está determinada primeramente por la calidad de la flor, que depende del tipo de inflorescencia y de la cantidad de flores que se formen en el árbol, se puede tener una referencia sobre el crecimiento del fruto desde la observación del tamaño del ovario en antesis, pues dice que al existir un tamaño mayor de ovario en antesis, habrá un crecimiento más acelerado y un incremento en el tamaño final del fruto (Rebolledo Roa, 2006).

5.9.2. Factores externos del fruto

El peso de cada fruto que se encuentra en su etapa de madurez, está relacionado con el número de frutos por árbol, y se determina por la competencia que se genera entre frutos por receptor fotoasimilados; sin embargo, la supervivencia de los frutos depende de la capacidad del árbol para suministrar metabolitos. Y la disponibilidad de los fotoasimilados depende principalmente de la capacidad fotosintética de las hojas. Además en los cítricos se ha determinado que son las hojas viejas que exportan asimilados hacia los frutos, de tal manera que la función importante que tiene la fotosíntesis para el cuajado del fruto es muy notoria; ya que una reducción en el número de hojas, o en caso de existir una inhibición de la actividad fotosintética por una disminución de cantidad de luz provoca a una mayor abscisión (Rebolledo Roa, 2006)

5.10. Producción forzada

La producción forzada se refiere a las técnicas destinadas a conseguir cosechas fuera de las épocas normales, las técnicas utilizadas en el desfasamiento de la cosecha, tenemos la poda, el anillado, la defoliación, el manejo del riego, la fertilización y la aplicación de reguladores de crecimiento (Cervantes, Tejacal, & Flores, 2014).

5.10.1. Uso de reguladores de crecimiento para la producción forzada

Las hormonas son sustancias orgánicas sintetizadas en una parte de la planta, y capaces de translocarse de un lugar a otro, en donde en concentraciones bajas causan una respuesta fisiológica, estos compuestos se caracterizan por ser responsables en el

crecimiento y desarrollo del vegetal, por ser partícipe de múltiples procesos en la planta como lo son la germinación de semillas, el enraizamiento, tolerancia a estrés sean estos bióticos o abióticos, floración, fructificación y la senescencia (Martínez y Torres, 2013).

Las auxinas intervienen en procesos de crecimiento, floración, dominancia apical, crecimiento celular de los meristemas y formación de raíces; las giberelinas que promueven la división celular, participan en la germinación de semillas e inducen la formación de flores y frutos; las citoquininas retardan la caída de la hoja y el envejecimiento y estimulan la diferenciación celular y la formación de nuevos tejidos; por último, el etileno, facilita la maduración de los frutos, la degradación de la clorofila y la posterior caída de las hojas (Martínez, 2015).

En citricultura los fitorreguladores más utilizados se direccionan para obtener un aumento en la productividad, calidad en cuanto al tamaño y mejora de la cascara, etc. (Castillo, 2011). La producción forzada en limón las fitohormonas empleadas son el ácido giberélico (AG₃), ácido naftalenacético, el ácido 2-cloroetilfosfónico, kinetina y benziladenina. Además, se puede aplicar bioestimulantes como lo son el biofol, paclobutrazol, el ácido glutámico y thidiazurón, (TDZ) (Rivas et al., 2010).

5.10.2. Auxinas

Las auxinas fueron las primeras fitohormonas identificadas y es precisamente el ácido indol acético AIA, la principal auxina endógena en la mayoría de las plantas, la mayoría de las moléculas que integran este grupo son derivados indólicos, aunque también se encuentran algunos compuestos fenoxiacéticos, benzoicos o picolínicos con actividad auxínica (Vázquez, 2009).

Las auxinas son sintetizadas en las hojas jóvenes, especialmente por las células presentes en los primeros primordios en el meristemo apical, también son producidas por las semillas que están en desarrollo. Las auxinas se difunden de célula en célula y estimulan el crecimiento de los tallos a través de la elongación y división celular, en el tallo siempre se mueve hacia abajo por el floema, juntamente con azúcares y otros compuestos orgánicos. Actúan principalmente en la expresión de la dominancia apical, en el crecimiento inicial de la fruta y el cuaje, la iniciación radical, retarda la abscisión de las hojas y frutos y estimula la diferenciación vascular de los tejidos (Molina, 2011).

La auxina tiene un marcado efecto en la abscisión, causando un retraso de la misma, resultando en un incremento del cuajado; siendo más evidente su efecto cuando se aplica tempranamente en el desarrollo del fruto y la síntesis de etileno es baja o inhibida. Y las auxinas más efectivas para favorecer este retraso en la abscisión son las fenoxiacéticas (Cossio, 2013). La aplicación de auxinas a frutos en desarrollo, actúan sobre el comportamiento de los tejidos del fruto, o bien pueden modificar las condiciones que determinan la relación fuente-sumidero; y además los efectos dependen de la naturaleza, concentración de la hormona que se aplique, del estado fenológico del fruto y de las condiciones climáticas y de la especie y los clasifica en cuatro efectos principales que se puede reflejar en: a) una reducción transitoria en la tasa de crecimiento del fruto, b) un efecto directo en la tasa de abscisión del fruto, c) un incremento en la abscisión del fruto mediado por la síntesis de etileno inducida por las auxinas, d) un incremento en la capacidad sumidero del fruto (Rebolledo Roa, 2006).

Las auxinas de síntesis provocan un efecto directo sobre el desarrollo del fruto y se da por medio del crecimiento de los tejidos del mismo, y únicamente su acción radica directamente en la pulpa, pues se ha demostrado que el 2,4-DP genera un contenido mayor de pulpa de fruto; sin embargo, el contenido del zumo y del peso de corteza sólo van a depender del tamaño que alcance el fruto. Y su aplicación es efectiva cuando se la realiza en la época óptima, y es cuando se ha completado el periodo de proliferación celular, y se comienza la fase de expansión celular y acumulación de zumo. Las auxinas también logran que el fruto logre aumentar su capacidad para acumular zumo, por tanto, incrementa su crecimiento y a mayor velocidad (Agustí et al., 2003).

A través de aplicaciones de auxinas en naranjas; se ha logrado un aumento del tamaño final del fruto con aclareos mínimos o nulos. Indicando que la época correcta de aplicación debe realizarse después de la caída fisiológica de frutos, obteniendo un diámetro del mismo entre 25 y 30 mm., durante el cambio de color, para facilitar el mantenimiento del fruto en el árbol sin merma de calidad, en cuyo caso se suele adicionar ácido giberélico (Valenzuela, 2013). Las auxinas incrementan la capacidad sumidero, en frutos tratados con auxinas hasta su etapa de maduración se refleja en ellos un crecimiento acelerado y puede observarse la respuesta máxima de este efecto cuando son aplicadas poco después de la floración; teniendo como resultado un incremento del peso del fruto debido al efecto directo en la capacidad de sumidero (Saavedra, 2006).

Es esencial que se produzca un balance entre las hormonas; conocer la importancia de utilizarlas oportunamente en el sitio de acción correspondiente; ya que, de lo contrario; surgiría un desbalance en el crecimiento y desarrollo del cultivo; provocando alteraciones fenológicas dentro del mismo; repercutiendo negativamente en la producción, calidad de los mismos (Mendoza y Melecio, 2019).

5.10.3. Giberelinas

Las Giberelinas son el grupo más numeroso de hormonas vegetales que se conoce en la actualidad. Actualmente hay más de 90 giberelinas aisladas de tejidos vegetales, que han sido identificadas químicamente. Varían algo en estructura y también en actividad. La mejor conocida del grupo es la GA3 (ácido giberélico), producida por el hongo *giberella fujikuroi*, cuya actividad fue descubierta por Kurosawa (Tolentino, 2010).

Las giberelinas tienen gran habilidad para estimular el crecimiento en plantas enanas, considerándose que su principal papel en el crecimiento es a través del estímulo de la división celular en el meristema subapical de los tallos, desempeñando un papel importante en el crecimiento celular. Entre los efectos más importantes figuran: Romper la latencia de algunas yemas y semillas, reemplazar en algunos casos el requerimiento de frío o de días largos que tienen algunas plantas bianuales o arrosadas para florecer y estimular la formación de algunas enzimas hidrolíticas, y otros (Hernández, 2015).

Las GAs activan los tejidos meristemáticos de las plantas que se encuentran en estado de reposo debido al efecto de la dominancia apical, eliminada mediante la poda, esta hormona logra un rápido crecimiento sobre los brotes e induce el desarrollo de los cojinetes florales, pues actúa directamente como el estímulo para que ocurra la división celular. Además de actuar rompiendo la latencia de algunas yemas y semillas, las Gas también pueden servir en ciertos casos como la sustitución del frío o de días largos que necesitan algunos cultivares bianuales para florecer, pueden retrasar la maduración de los frutos y la senescencia en hojas y frutos de cítricos (Quezada, 2015).

Las síntesis de giberelinas promueve la floración en los cítricos, esta se ve influenciada por una serie de factores endógenos y exógenos. Sin embargo, las giberelinas desempeñan un papel muy importante entre los factores endógenos, se puede decir que, de acuerdo a la concentración de las mismas, éstas ejercen funciones inversas en cuanto a la floración, de manera que al aumentar el nivel de giberelinas se reduce la floración; mientras que, si el nivel de las mismas es bajo, entonces la induce (Flores et al., 2015). El

AG₃ se ha usado comercialmente para inhibir la producción de flores en los cítricos y así disminuir la alternancia de la producción; es decir, se han aplicado antes de la floración de la temporada normal de mucha producción, para disminuirla y así incrementar la producción del año siguiente (temporada de baja producción) (García et al., 2001). Como los frutos sintetizan giberelinas, un claro ejemplo ocurre en una cosecha abundante o cuando los frutos permanecen durante un tiempo largo en el árbol, se genera un aumento de síntesis de giberelinas que reducirá la floración de la temporada siguiente, y consecuentemente la cosecha. Debido a ello, al cosechar temprano se logra reducir la inhibición de la floración (Quezada, 2015).

El uso de paclobutrazol (PBZ) actúa como inhibidor de la biosíntesis de giberelinas, aunque también mencionan que afectan a otras hormonas: por ejemplo, reduce el nivel de ácido abscísico, de etileno y de ácido indolacético, y aumenta el de citocininas (Rivas et al., 2010). En síntesis, el PBZ en los cítricos es conocido como un regulador que reduce o controla el crecimiento de la altura de tallos y brotes del árbol inhibiendo la síntesis de giberelinas (Pérez et al., 2011). La aplicación correcta para regular la cosecha en cítricos mediante el tratamiento de giberelinas/PCB debe de ser en los estados de inducción o de diferenciación floral, pero también mencionan que la mejora de la floración se encuentra relacionada a su vez, con el aumento de la concentración de almidón en las raíces y la disminución de azúcares solubles en las hojas (García et al., 2001).

El GA₃ aplicado en poscosecha retrasa el progreso de senescencia en el fruto, presenta menos pérdida de peso fisiológica, mayor concentración de clorofila, mayor concentración de ácido cítrico y SST en zumo, mantiene y conserva la calidad interna y externa de los frutos en almacenamiento (Zea et al. 2016).

VI. DISEÑO METODOLÓGICO

6.1. Ubicación del ensayo.

La investigación se realizó durante los años 2018 y 2019 en dos localidades de la Provincia de Manabí. El primero ubicado en Maonta, Parroquia Colon perteneciente al Cantón Portoviejo, localizada geográficamente a 1°02'15'' de latitud sur y 80°27'35'' de longitud oeste con una altitud de 46 msnm, la temperatura media anual oscila entre los 26°C, humedad relativa promedio de 76.2 anuales y evaporación anual de 1.574,8 mm. El suelo es franco arcillo-arenoso; drenaje moderado, y pH (6,2) ligeramente ácidos (MAG, 2012). El segundo ubicado en Calceta, perteneciente al Cantón Bolívar, localizada 0° 49' 23" latitud sur y 80° 11' 12" longitud oeste con altitud de 22 msnm, temperatura de 26° C (INAMHI, 2017).

6.2. Manejo del experimento

La presente investigación se realizó en dos localidades: Maonta y Calceta, en huertos comerciales de árboles de limón sutil (*Citrus aurantifolia* Christm. Swingle) a un distanciamiento de 6 × 6 m con una altura promedio de 5 m y un diámetro de copa de 5 m., la edad de la plantación es de aproximadamente 15 años. En la localidad Maonta se realizó raleo manual y en la localidad Calceta no se realizó ningún tipo de raleo previo a la aplicación de los tratamientos.

En ambas localidades fueron realizadas las aplicaciones hormonales correspondiente de ANA 100 ppm y GA₃ 75 ppm las dosis empleadas se basaron en recomendaciones dadas por Valenzuela (2013) y Sánchez et al, (2009).

6.3. Diseño Experimental

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo de parcelas divididas con tres repeticiones. Se buscaron árboles homogéneos para que los tratamientos sean representativos y reducir al mínimo el error experimental. Los tratamientos evaluados resultaron de la combinación de dos factores (Tabla 1), factor A aplicaciones hormonales de ácido naftalanacético y ácido giberélico, factor B dosis hormonal 100 ppm y 75 ppm, estas fueron aplicadas de manera foliar y en la fase I (alta tasa de división celular, crecimiento de pericarpio) y Fase II (formación y desarrollo de las vesículas de jugo).

Tabla 1. Tratamientos de estudio

TRATAMIENTO	Raleo	Hormona	Dosis
1	Con	Ácido Naftalanacético	100 ppm
2	Sin	Ácido Naftalanacético	100 ppm
3	Con	Ácido Giberélico	75 ppm
4	Sin	Ácido Giberélico	75 ppm

6.4. Análisis estadístico

Los resultados obtenidos de cada una de las variables fueron evaluados mediante análisis de varianza y pruebas DLS ($p = 0,05$) mediante el software estadístico infoStat 2018.

6.5. Variables de estudio.

Rendimiento: Se pesó la producción total por árbol, se midió y pesó los frutos así estimando el rendimiento por árbol, luego ese rendimiento se evaluó de todos los árboles marcados y se estimó el rendimiento por ha estudiada.

Peso de fruta: Se pesó cada fruto utilizando una balanza electrónica (OHAUS-TRAVELER), se tomó en cuenta el peso de 20 frutas por unidad experimental, los resultados se expresaron en gramos.

Peso de pulpa: Se separó la cascará de la pulpa y se pesó en balanza electrónica (OHAUS-TRAVELER), los resultados de expresaron en gramos.

Peso de cascara: Se separó el mesocarpio (cascara) del fruto y se pesó balanza electrónica (OHAUS-TRAVELER), los resultados fueron reportados en gramos.

Solidos Solubles Totales (SST): Se determinó utilizando un brixómetro digital, los resultados fueron expresados en porcentaje.

Acidez titulable: En base a la metodología descrita por la AOAC (1998). Para la acidez titulable (% ácido cítrico) se tomó una muestra de 10 ml de extracto (10 g de muestra en 50 ml de agua destilada) para titular con NaOH 0.1 N hasta alcanzar un pH de 8,2. Para la determinación del ácido cítrico se utilizó la siguiente formula:

$$\text{Ácido } \% = \frac{V \times N \times M}{A \times v} \times 100 =$$

Dónde:

V= volumen de NaOH gastados (ml)

N= normalidad de NaOH

Meq= mili equivalente del ácido que se encuentra en mayor proporción de la muestra (0,064 para ácido cítrico).

Alícuota valorada= volumen de muestra.

Número de semillas: Se separó las semillas de la pulpa de un determinado número de frutos.

Diámetro ecuatorial y polar: Para esto se utilizó un calibrador digital (Stainless), los resultados fueron expresados en centímetros.

Firmeza: Se evaluó en posición ecuatorial y polar por medio del método no destructivo introduciendo el penetrómetro manual (FHT-15), los resultados fueron reportados en kg fuerza por centímetro cuadrado, necesarios para penetrar el fruto.

Contenido de jugo: De los frutos de cada tratamiento se determinó el contenido de jugo con un extractor y se midió con una probeta y los resultados se reportaron en mililitros.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El uso de reguladores del crecimiento de las plantas se ha convertido en un componente importante en el campo de la citricultura debido a la amplia gama de roles potenciales que desempeñan para aumentar la productividad de los cultivos. En cítricos para mejorar el rendimiento y calidad de fruto una de las alternativas es el uso de ANA y GA₃, en esta investigación se determinó variables de rendimiento, peso fruto, peso pulpa, peso cascara, diámetro ecuatorial y polar, firmeza polar y ecuatorial, contenido de jugo, número de semillas, ATT, °brix y pH. Los resultados de la investigación se presentan a continuación.

Tabla 2. Producción Forzada en el limón sutil (*Citrus aurantifolia* Christm. Swingle con la aplicación de ANA y GA₃)

Tratamiento	Rendimiento Kg/ha	Días a la cosecha	Retraso
Ácido Naftalanacético 100 ppm con raleo	8452,19	138	13
Ácido Naftalanacético 100 ppm sin raleo	11727,26	126	1
Ácido giberélico 75 ppm con raleo	11734,64	148	23
Ácido giberélico 75 ppm sin raleo	12331,12	128	3
Control	10727,22	125	-

Los resultados obtenidos en la tabla 2 señalan que el tratamiento que logró retrasar más días la cosecha es el de GA₃ 75 ppm con raleo, siendo el de menor días de retraso el ANA 100 ppm sin raleo. La aplicación de ANA no tuvo influencia sobre los días a cosecha, por lo contrario con la aplicación de GA₃ influyó en días de retraso y en rendimiento siendo estos los mejores. Estos resultados coinciden con Ferraté y Salazar (2014) que con aplicaciones de Ácido Giberélico a 25 ppm y 300 ppm de Etephon lograron desfasar la producción de limón Tahití hacia los meses de mayor escasez del fruto. Por otro lado, Gaona (2014) con aplicaciones de ácido giberélico en concentración de 25 ppm logró que el proceso de floración y cuajado de frutos se dilato por dos meses y al final el número de frutos fue mayor.

Tabla 3. Rendimiento, peso de fruta y peso pulpa del fruto de limón sutil (*Citrus aurantifolia* Christm. Swingle con la aplicación de ANA y GA₃

Fuente de variación	Rendimiento (Kg/ha)	Peso de fruta (g)	Peso de pulpa (g)
Hormonas			
Auxina 100 ppm	10093,42 ± 747,95 b	52,02 ± 9,46 b	42,86 ± 7,5 b
Giberelina 75 ppm	12029,19 ± 313,05 a	62,01 ± 4,34 a	51,80 ± 2,76 a
Raleo			
Con raleo	10089,73 ± 80838	51,98 ± 10,21	43,40 ± 8,38
Sin raleo	12032,88 ± 139,47	62,05 ± 1,76	51,26 ± 2,15
Interacción			
ANA x C.R	8452,19 ± 308,66 b	43,53 ± 2,75 b	36,13 ± 1,55 b
ANA x S.R	11727,26 ± 39,18 a	60,51 ± 0,34 a	49,59 ± 1,64 a
GA ₃ x C.R	11734,64 ± 700,47 a	60,43 ± 6,25 a	50,67 ± 3,85 a
GA ₃ x S.R	12331,12 ± 82,36 a	63,59 ± 0,73 a	52,93 ± 0,71 a
Hormonas	0,0007**	0,007**	0,007**
Raleo	0,056 ns	0,055 ns	0,050 ns
Interacción	0,0028**	0,002**	0,004**
CV (%)	3,21	3,21	3,48

* Valores con letras iguales no son estadísticamente significativos (DLS, $p < 0,05$).

El rendimiento es calculado en función de la densidad de plantación de árboles, el desarrollo del dosel, la intensidad de la floración, la producción de frutos, el crecimiento del fruto y el número de frutos cosechados en la madurez (Zapiain, 2002). Los reguladores del crecimiento se han utilizado para mejorar la productividad de las planta siempre que esto sea posible, en cítricos, las giberelinas pueden, por ejemplo, promover el crecimiento vegetativo, inhibir la floración y aumentar la fijación de la fruta Maia et al., (2010). En la tabla 3 se observa el rendimiento a través del efecto de los tratamientos aplicados, el cual las aplicaciones con 75 ppm de GA₃ fue mayor estadísticamente ($p < 0,05$) en relación a las aplicaciones de 100 ppm de ANA, estos resultados coinciden con Jagtap et al., (2016), quien demostró que aplicaciones de GA₃ 50 ppm incrementan significativamente el rendimiento, mejorando caracteres como volumen, diámetro y peso del fruto. Así mismo, Pereira et al., (2014) encontraron que aplicaciones de ácido giberélico en concentración de 20 ppm aumentó el número de frutos cosechados en limón Tahití. El efecto en la interacción hormona y raleo determinó que las aplicaciones de Ga₃ 75 ppm con y sin raleo y ANA 100 ppm sin raleo fueron los más significativos, estos tratamientos presentaron rendimiento en el rango de 11727,26 a 12331,12 Kg/ha. El Ga₃ mejora la cuaja, reduciendo la abscisión de frutos, además retiene la fruta hasta la cosecha lo que mejora

la producción en cítricos (Esguep, 2005), así mismo el raleo aumenta la calidad de los frutos incrementando el tamaño, color, el contenido de sólidos solubles, y reduce alternancia productiva (Otero, 2004), la auxina estimula el desarrollo del fruto por ser la encargada de la división celular; Polti, (2013) realizó aplicaciones de auxinas en *Citrus deliciosa* de 20 ppm la cual promovió el aumento significativo del diámetro y peso medio del fruto sin afectar el número de frutos cosechados y el rendimiento por planta.

El peso de fruta y pulpa mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en cuanto a la aplicación de giberelina a 75 ppm, no obstante, el factor raleo no se reporta diferencias significativas ($p < 0,05$) para ambas variables. El efecto en la interacción hormona y raleo determinó que las aplicaciones de GA_3 75 ppm con y sin raleo y ANA 100 ppm sin raleo fueron los más significativos, estos tratamientos presentaron peso de fruta en rango de 60,43 a 63,59 y peso de pulpa en rango de 49,59 a 52,93. Al respecto, Rokaya et al., (2016) reportan que la aplicación de 20 ppm de GA_3 aumentó el peso y la calidad en general de los frutos de mandarina (*Citrus reticulata* Blanco). Prabhu et al, (2017) mencionan que la aplicación en *Citrus aurantifolia* de GA_3 50 ppm favorece el aumento de peso de frutos (48.60 g) y rendimiento promedio de frutos (28.96 kg de árboles- 1) además registró los valores más altos para el contenido de jugo (32.13%), TSS (7.29 o Brix) y contenido de ácido ascórbico (32.56 mg / 100ml).

Tabla 4. Peso de cascara, diámetro ecuatorial y polar del fruto de limón sutil (*Citrus aurantifolia* Christm. Swingle) con la aplicación de ANA Y GA₃

Fuente de variación	P. Cascara (gr)	D. Ecuatorial (Cm)	D. Polar (Cm)
Hormonas			
Auxina 100 ppm	9,13 ± 0,92	4,45 ± 0,11 b	4,65 ± 0,13 b
Giberelina 75 ppm	10,18 ± 0,05	4,58 ± 0,04 a	5,02 ± 0,09 a
Raleo			
Con raleo	8,52 ± 0,87	4,37 ± 0,08 b	4,70 ± 0,18
Sin raleo	10,79 ± 0,33	4,67 ± 0,02 a	4,97 ± 0,03
Interacción			
ANA x C.R	7,33 ± 0,72	4,20 ± 0 b	4,37 ± 0,12 b
ANA x S.R	10,93 ± 0,74	4,70 ± 0 a	4,93 ± 0,03 a
GA ₃ x C.R	9,70 ± 1,38	4,53 ± 0,08 a	5,03 ± 0,20 a
GA ₃ x S.R	10,65 ± 0,01	4,63 ± 0,03 a	5,00 ± 0,05 a
Hormonas	0,101 ns	0,047*	0,001**
Raleo	0,077 ns	0,009**	0,149 ns
Interacción	0,055 ns	0,013*	0,003**
CV (%)	8,87	1,81	1,69

* Valores con letras iguales no son estadísticamente significativos (DLS, $p < 0,05$).

Para determinar la calidad de limón sutil se considera distintas características dentro de las más importantes se encuentra el calibre determinado por el diámetros ecuatorial cuyo valor referencial para limón sutil se consideran óptimos > 45 (mm) (FAO, 2011). El tamaño del fruto es un carácter deseable para la comercialización de los cítricos, este está determinado por la disponibilidad de carbohidratos y el contenido hormonal factores decisivos para el desarrollo del fruto y la producción depende de la combinación de estos factores (Bons et al., 2015). En las variables diámetro ecuatorial y polar se encontró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en el efecto de la hormona, raleo y en la interacción entre ambos factores. Se observa en la (Tabla 4) que el GA₃ en concentración de 75 ppm obtiene mejores resultados en diámetro ecuatorial ($4,58 \pm 0,1$) y polar ($5,02 \pm 0,23$), además el efecto del raleo sobre el diámetro ecuatorial es reducido de manera significativa ($p < 0,001$).

Estudios relacionados al uso de giberelina por Saleem et al. (2007) mencionan que la aplicación de 2,4-D y GA₃ (en dosis 10, 20 y 25 ppm) mejora el peso de la fruta, la cantidad de jugo y SST, favorece la fructificación y evita la caída antes de la cosecha. Serciloto (2001) menciona que en *Citrus reticulata* el efecto de la aplicación de tratamientos con ácido giberélico en dosis de 20 ppm aumentó el diámetro la masa

promedio y el número de frutas cosechadas del grado comercial más alto. Por otro lado, Quezada (2015) reporta que en naranja Washington Navel (*Citrus sinensis*) al aplicar ácido giberélico (en dosis de 15 y 35 ppm) combinado con la poda no obtienen diferencias significativas en el diámetro del fruto, pero incrementó su rendimiento con dosis de 35 ppm. Las giberelinas son las encargadas de la expansión celular, es uno de los reguladores que tiene un efecto directo en el incremento del volumen del fruto (Villagrán, 2008). El regulador GA₃ está involucrado en la activación de una o más señales de transducción para la transcripción por parte de los genes, el efecto de esto se observa en el incremento de elongación y número de células (Jordán y Casaretto, 2006).

Tabla 5. Firmeza ecuatorial, polar y contenido de jugo del fruto de limón sutil (*Citrus aurantifolia* Christm. Swingle) con la aplicación de ANA Y GA₃

Fuente de variación	F. Ecuatorial (Kg/cm)	F. Polar (Kg/cm)	Jugo (ml)
Hormonas			
Auxina 100 ppm	12,14 ± 0,59	13,46 ± 1,03	21,53 ± 2,22 b
Giberelina 75 ppm	13,40 ± 0,96	13,71 ± 0,94	25,82 ± 2,78 a
Raleo			
Con raleo	13,87 ± 0,95 a	14,53 ± 1,25 a	24,25 ± 3,69
Sin raleo	11,67 ± 0,23 b	12,63 ± 0,19 b	23,10 ± 0,83
Interacción			
ANA x C.R	13,10 ± 0,92	14,00 ± 2,25	21,57 ± 4,92
ANA x S.R	11,17 ± 0,01	12,92 ± 0,02	21,50 ± 0,69
GA ₃ x C.R	14,63 ± 1,76	15,07 ± 1,58	26,93 ± 6,08
GA ₃ x S.R	12,17 ± 0,13	12,34 ± 0,33	24,70 ± 0,69
Hormonas	0,398 ns	0,905 ns	0,013*
Raleo	0,044*	0,006**	0,853 ns
Interacción	0,085 ns	0,691 ns	0,344 ns
CV (%)	18,24	24,56	7,4

* Valores con letras iguales no son estadísticamente significativos (DLS, $p < 0,05$).

Los resultados demuestran que la aplicación de hormonas no mostró un efecto significativo en la firmeza de la fruta de limón, sin embargo, en el contenido de jugo mostró diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) en el tratamiento con giberelina a 75 ppm, al evaluar los factores por separado se aprecia que el raleo muestra diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) firmeza ecuatorial y polar.

Sáez (2016) indica que al realizar raleo se logró obtener mayor firmeza de frutos, al regular carga frutal se ayuda a homogenizar el transporte de los fotosintatos a los demás

frutos, mejorando parámetros de calidad como tamaño, color sabor y otras características internas del fruto (Fischer, 2000). Al respecto, Ariza et al., (2004) mencionan que el raleo favorece la firmeza de frutos de limón al lograr una mayor resistencia a la plasticidad de los frutos debido a que no acelera la maduración.

El ácido giberélico aplicado en las primeras etapas de desarrollo del fruto aumenta la capacidad de translocación de nutrientes de las hojas para los frutos; sin embargo, el contenido de jugo depende de la disponibilidad de agua en el suelo para la planta, material genético y de la fertilización (Cabezas y Rodríguez, 2010). Al respecto, Ariza et al., (2015) mencionan que al aplicar ácido giberélico en limón persa aumentó el tamaño y contenido de jugo del fruto, debido a que el GA₃ estimula la elongación celular de las vesículas de jugo. Por otra parte, Sanches (2001) indica que los cítricos tratados con ácido giberélico aumentan la firmeza por el retraso en el envejecimiento, manteniendo la clorofila y la lenta acumulación de carotenoides, que retardan el suavizado y la senescencia de frutas.

Tabla 6. Número de semillas, acidez titulable (ATT), °Brix y pH en limón sutil (*Citrus aurantifolia* Christm. Swingle) con la aplicación de ANA Y GA₃

Fuente de variación	# Semillas	A. Titulable (%)	°Brix	pH
Hormonas				
Auxina 100 ppm	5,40 ± 0,14	7,37 ± 0,12	7,48 ± 0,26	2,29 ± 0,02
Giberelina 75 ppm	5,97 ± 0,31	7,42 ± 0,13	7,43 ± 0,12	2,25 ± 0,01
Raleo				
Con raleo	6,03 ± 0,22	7,45 ± 0,12	7,83 ± 0,11 a	2,27 ± 0,02
Sin raleo	5,33 ± 0,23	7,33 ± 0,12	7,05 ± 0,10 b	2,27 ± 0,02
Interacción				
ANA x C.R	5,57 ± 0,06	7,20 ± 0,11 b	8,03 ± 0,08	2,27 ± 0,03
ANA x S.R	5,23 ± 0,26	7,53 ± 0,20 ab	6,93 ± 0,20	2,32 ± 0,02
GA ₃ x C.R	6,50 ± 0,15	7,70 ± 0,05 a	7,03 ± 0,14	2,27 ± 0,03
GA ₃ x S.R	5,43 ± 0,43	7,13 ± 0,03 b	7,16 ± 0,07	2,22 ± 0,00
Homonas	0,184 ns	0,704 ns	0,545 ns	0,190 ns
Raleo	0,060 ns	0,316 ns	0,017*	0,422 ns
Interacción	0,358 ns	0,021*	0,080 ns	0,190 ns
CV (%)	10,79	2,87	3,12	2,26

* Valores con letras iguales no son estadísticamente significativos (DLS, $p < 0,05$).

El efecto individual de las hormonas aplicadas en la investigación no mostró diferencias significativas ($p > 0,05$) en las variables mostradas en la tabla 6. Sin embargo,

la práctica del raleo en los limoneros presentó diferencias significativas en el contenido de grados brix, esta variable alcanzo valores de 7,83 los azucares del jugo incrementa con la maduración por los efectos de la degradación de los polisacáridos de las membranas celulares (Urbina, 2002). Al comparar el efecto en la interacción hormona y raleo determinó diferencias significativas ($p < 0,05$) en acidez titulable en Ga_3 75 ppm con raleo.

Los ácidos contenidos en el fruto van disminuyendo según avanza la maduración, lo que es utilizado para indicar su estado de madurez y, además, para definir la calidad del fruto, junto con el contenido de azucares (Agustí et al., 2014). Según Ramos (2006) en un estudio realizado con aplicaciones de giberelinas en mandarina 'Montenegrina' (*Citrus deliciosa* Tenore) el contenido total de sólidos solubles de las frutas y la proporción de sólidos solubles totales/acidez valorable total aumentan con el incremento de la concentración de ácido giberélico de 0 a 60 ppm.

En un estudio realizado por Vasconez (2019) menciona que en limón sutil utilizando aplicaciones de GA_3 y ANA en concentraciones de 15 y 30 ppm en limón sutil (*Citrus aurantifolia* Swingle), presento un efecto significativo en los valores de acidez titulable, los resultados mostraron que a medida que el fruto avanza a estado de madurez disminuye el contenido de ácido cítrico, siendo estos aceptables en la obtención de frutos de calidad.

VIII. CONCLUSIONES

Al realizar un raleo manual se evidencia que este influye en el rendimiento y calidad en limón sutil.

En cuanto a la aplicación de hormonas, el GA₃ logra obtener mejores resultados dentro de los parámetros de calidad de fruta.

La dosis que funcionó mejor fue 75 ppm de GA₃. Con ello se logró los mejores resultados en cuanto a las variables de rendimiento (12029,19 kg/ha), peso de fruta (62,01 g.), peso pulpa (51,80), diámetro ecuatorial (4,58 cm), diámetro polar (5,02 cm) y contenido de jugo (25,82 ml).

Se observó que con la técnica de raleo obtuvo resultados como mayor firmeza ecuatorial de fruta (13,87 Kg/cm) y firmeza polar (14,53 Kg/cm). Y también los mejores valores en cuanto a contenidos de grados brix $7,83 \pm 0,2$.

IX. RECOMENDACIONES

Realizar otros ensayos con aplicaciones de raleo para determinar la influencia en la capacidad de carga de fruta y en la relación fuente sumidero para generar frutos de calidad.

De las dosis aplicadas se recomendaría ampliar con otras investigaciones para determinar la eficiencia de producción en el cultivo de limón.

Evaluar el efecto de raleo en los distintos estados fenológicos del limón sutil.

Combinar esta investigación con otros factores de estudio.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almenares, G., Pérez, M., Torres, W., Varela, M., & Pavón, M. (2015). *Caracterización del desarrollo vegetativo y su relación con la fructificación y producción en naranjos (Citrus sinensis (L.) Osbeck)*. Redalyc, 3.

Almenares, G. R., Pérez, M., & Torres, W. (2010). Efectos de la urea foliar sobre variables fisiológicas y agronómicas del naranjo valencia late. In *Congreso Científico del INCA, XVII, San José de las Lajas, 22-26 nov. 2010*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.

Agustí, M. (2012). *CITRICULTURA*. Madrid: Mundi-Prensa.

Agustí, M. (2010). *Fruticultura*. España: Mundi-Prensa.

Agustí, M., Martínez, A., Mesejo, C., Juan, M., & Almela, V. (2003). *Cuajado y Desarrollo de los frutos cítricos*. Valencia: GENERALITAT VALENCIANA.

Agustí, M., Mesejo, C., Reig, C., & Martínez-Fuentes, A. (2014). Citrus production. In *Horticulture: Plants for People and Places, Volume 1* (pp. 159-195). Springer, Dordrecht.

Agustí, M. (2008). Citricultura. En M. Agustí, *Citricultura* (págs. 119, 121). Madrid-España: Mundi-Prensa.

Angulo, L. (2016). *Modelo metodológico para exportar limón sutil al mercado Norteamericano*. Obtenido de Pdf: <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/9577/ANGULO%20MENDOZA%20LUIS%20CARLOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ariza Flores, R., Barrios Ayala, A., Herrera García, M., Barbosa Moreno, F., Michel Aceves, A., Otero Sánchez, M. A., y Alia Tejacal, I. (2015). *Fitohormonas y bioestimulantes para la floración, producción y calidad de lima mexicana de invierno*. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(7), 1653-1666.

Ariza Flores, R., Cruzaley Sarabia R., Vázquez García E., Barrios Ayala A. y Alarcón Cruz N. (2004). *Efecto de las labores culturales en la producción y calidad del limón mexicano de invierno*. *Revista Fitotecnia Mexico* Vol. 27 (Núm. Especial 1):73 – 76.

Bons, H. K., Kaur, N., & Rattanpal, H. S. (2015). *Quality and quantity improvement of citrus: role of plant growth regulators*. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, 8(2), 433.

- Cabezas Gutiérrez, M., y Rodríguez, C. A. (2010). *Técnicas hortícolas para optimizar el tamaño y la calidad del fruto del naranjo (Citrus sinensis L.)*. Agronomía Colombiana, 28(1), 55-62.
- Casas, R. y Centeno, A. (2016). *Podas e injertos de frutales*. España, Ediciones Paraninfo S.A
- Castillo, I. P. (2011). *Aplicaciones de fitorreguladores en cítricos*. Obtenido de Pdf: https://www.phytoma.com/images/citricos_fitorreguladores.pdf
- Cervantes, R., Tejacal, I., & Flores, R. (2014). *Producción del limón Persa (Citrus latifolia) en época de oferta escasa*. Dialnet, 31-36.
- Cervantes, R., Tejacal I., y Ariza R. (2017). *Producción de limón persa en época de oferta escasa*. Dialnet, 2017.
- Cossio, L. (2013). *Reguladores de Crecimiento*. Argentina: UNNE.
- Esguep Gimeno, V. M. (2005). *Efecto de la aspersion de boro, incision de corteza y la aplicacion de algunos reguladores de crecimiento, sobre la retencion y calidad de fruta en mandarina variedad fortuna*. Chile. Universidad de Chile.
- FAO. (2017). *Citrus Fruits Statistics 2017*. Obtenido de Pdf: <http://www.fao.org/3/a-i8092e.pdf>
- FAO. (2011). *Norma para la lima mexicana (Citrus aurantifolia) (CODEX STAN 217-1999)*. Codex Alimentarius: Normas Internacionales de los Alimentos, 2.
- FAO. (2017). *FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de <http://www.fao.org/statistics/es/>
- Ferraté, R., Tejacal, I., & Flores, R. (2014). *Evaluación de la efectividad de ácido giberélico en la inhibición d la floración y etephon en la inhibición de la fructificación en limón Tahití (Citrus aurantifolia)*.
- Ferraté, R., & Salazar, L. (2014). *Evaluación de la efectividad de Ácido giberélico en la inhibición de la floración y Etephon en la inhibición de la frutificación en limón Tahití (Citrus aurantifolia)*. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana.
- Ferreras, C., García, Á., & Porras, I. (2003). *Las heladas en la zona citrícola de la huerta Murciana*. Obtenido de Pdf.

Fischer, G. (2000). *Efectos de las condiciones en precosecha sobre la calidad poscosecha de los frutos*. Revista Comalfi, 27(1-2), 39-50.

Flores, R., Barrios, A., Herrera, e. M., Moreno, F., Aveces, A., Otero, e. M., & Tejacal, I. (2015). *Fitohormonas y bioestimulantes para la floración, producción y calidad de lima mexicana de invierno*. Revista mexicana de ciencias agrícolas. Scielo.

Galván, J., Briones, F., Rivera, P., Valdes, L., Soto, M., Rodríguez, J., & Salazar, O. (2009). *Amarre, rendimiento y calidad del fruto en naranja con aplicación de un complejo hormonal*. Scielo.

Gaona, G. J. (2014). *Aplicación de cuatro reguladores vegetales en la potencialidad productiva del limón sutil en la cooperativa los Guayacanes, Cantón Arenillas*. Obtenido de pdf: http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/916/7/CD29_TESIS.pdf

García, A., Bernal, M., Conesa, A., Bleda, F., & Porras, I. (2001). *Influencia del paclobutrazol en patrones de cítricos*. Recuperado el 18 de Octubre de 2018, de pdf: *Influencia del paclobutrazol en patrones de cítricos*

García, B. (2014). *Estudio de mercado y prefactibilidad del cultivo de limon tahiti (Citrus aurantifolia) en la provincia de Santa Elena*. Obtenido de Pdf: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/2710/1/T-UCSG-PRE-TEC-EADR-13.pdf>

Hernández A., D., Mateus C., D., & Orduz Rodríguez, J. (2015). *Características climáticas y balance hídrico de la lima ácida Tahití (Citrus latifolia Tanaka) en cinco localidades productoras de Colombia*. Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas, 8(2), 217-229.

Hernández, C. (2015). *Efecto de un complejo hormonal y micronutrientes en rendimiento y calidad de la mandarina Dancy (Citrus reticulata Blanco var. Dancy)*. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. México.

ICA. (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo de cítricos*.

IICA. (2005). *La competitividad de las cadenas agroproductivas en Colombia*. Bogotá.

INAMHI. (2017). *Anuario Meteorológico*. Ecuador: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.

INIAP (2011). *Guía Técnica sobre el manejo de los cítricos en el Litoral Ecuatoriano*. Instituto Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Estación Portoviejo, Ecuador

- Jagtap, V. M., Patel, H. C., Nehete, D. S., & Godage, S. S. (2013). *Effect of foliar application of plant growth regulators and micronutrients on yield and quality of acid lime cv. KAGZI (Citrus aurantifolia Swingle)*. Asian Journal of Horticulture, 8(1), 57-59.
- Jordán, M., & Casaretto, J. (2006). Hormonas y reguladores del crecimiento: auxinas, giberelinas y citocininas. *Squeo, F, A., & Cardemil, L.(eds.). Fisiología Vegetal*, 1-28.
- León, M. (2012). *Insectos de los cítricos*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Colombia.
- Lerzundi, A. (2012). *Efecto del nitrato de potasio, podas y anillado en la inducción floral del limón sutil (Citrus aurantifolia Swingle) en Sahuayao - La Convención*. Peru: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco - UNSAAC.
- Logroño, J. (2011). *Proyecto para la Factibilidad para la Exportación de Limón Sutil, al Mercado Japonés*. Ecuador: Universidad Tecnológica Equinoccial.
- MAG. (2012). *Generación de Geoinformación para la gestión del Territorio a nivel Nacional Escala 1: 25 000: Cantón Portoviejo*. Ecuador: MAG.
- Maia, E., de Siqueira, D. L., & Cecon, P. R. (2010). *Produção, florescimento e frutificação de tangerineira 'Poncã' submetida à aplicação de ácido giberélico*. Ciência Rural, 40(3), 507-512.
- Martínez, D., & Torres, J. (2013). *Fisiología Vegetal*. México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Martínez, M. (2015). *Control hormonal de la brotación de los Citricos: Dominancia del fruto*. España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Martinez, J. C. (2017). *Fenología de los árboles frutales*. Obtenido de Pdf: <https://georgiusm.files.wordpress.com/2017/12/tema-6-fenolog3ada-de-los-cultivos.pdf>
- Méndez, M. S. (2016). *Comportamiento del cultivo de limon (Citurs auratifolia Swingle) en dos localidades de Santa Elena, Ecuador*. Revista Científica y Tecnológica UPSE, 15-20.
- Mendoza, D., & Melecio, V. (2019). *Efectos de diferentes dosis de auxinas en el rendimiento de mandarina (citrus reticulata l.), valle de Huaral 2016*. Universidad San Pedro, Perú.

- Mesejo, C. (2018). *Citricultura. El cuajado del fruto. Polinización y partenocarpia. Las giberelinas*. Obtenido de Pdf: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16898/El%20cuajado%20del%20fruto-polinizaci%C3%B3n%20y%20partenocarpia-las%20giberelinas.pdf?sequence=3>
- Micheloud, N. G. (2013). *Comportamiento fenológico reproductivo de variedades de cítricos en la zona centro de la provincia de Santa Fe*. Universidad Nacional del Litoral, Argentina.
- Molina, F. (2011). *Evaluación de un complejo hormonal con micronutrientes, en producción y calidad de naranja "Valencia" en 4 etapas experimentales*. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". México.
- Ochoa, R. (2011). *Efecto del Regulador de crecimiento Biozyme Tf en la producción de "Toronja Marsh" (Citrus Paradisi Macf)*. México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Otero, A. (2004). *Raleo de frutos en mandarina Satsuma y otros cítricos*. Programa Nacional de Citricultura. Uruguay. Unidad de Agronegocios y Difusión del INIA. *Técnica*, (140).
- Prabhu, M., Parthiban, S., Kumar, A. R., Rani, B. U., & Vijayasamundeeswari, A. (2017). Regulation of flowering in acid lime (*Citrus aurantifolia* Swingle). *Indian Journal of Agricultural Research*, 51(4), 384-387.
- Padrón, J. y Rocha, M. (2007). La poda de los cítricos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), México.
- Pereira, C. S., Siqueira, D. L. D., Valiati, S., & Ferrari, E. (2014). *Application of GA3 and girdling of branches on the production of extemporaneous fruits of Tahiti'acid lime*. *Revista Ceres*, 61(6), 970-974.
- Pérez, M., Osuna, e. J., Sánchez, R., & Vázquez, V. (2011). *El paclobutrazol como promotor de la floración en mango 'manila', aún sin condiciones ambientales inductivas*. Scielo.
- Polti Albisu, S. (2013). *Mejora del tamaño de fruta y control de la alternancia en mandarina'Montenegrina'(Citrus deliciosa Tenore)*. Uruguay. Universidad de la República.

Quezada, J. (2015). *Uso de giberelinas en la producción forzada de naranja washington navel citrus sinensis en la granja experimental la Cuca* (Bachelor's thesis, Machala: Universidad Técnica de Machala).

Quispe, M. (2015). *Identificación de enfermedades emergentes y presentes en cultivos de banano, cacao y cítricos en tres municipios de los Yungas del departamento de La Paz*. Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

Ramos Hurtados, A. M. (2006). *Diferenciação floral, alternância de produção e aplicação de ácido giberélico em tangerineira 'Montenegrina' (Citrus deliciosa Tenore)*.

Rebolledo Roa, A. (2006). *Factores hormonales y nutricionales en el desarrollo del fruto de Citrus sinensis (L.) Osbeck. variedad Salustiana*. Obtenido de Pdf: <https://riunet.upv.es/handle/10251/1884>

Restrepo, J., Valencia, R., Uribe, A., & Murillo, J. E. (2012). *Cítricos: cultivo, poscosecha e industrialización*. Obtenido de <http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/452/1/citricos.pdf>

Rivas, F., Martínez, A., Mesejo, e. C., Reig, C., & Agustí, M. (2010). *Efecto hormonal y nutricional del anillado en frutos de diferentes tipos de brotes de cítricos*. Scielo.

Rodríguez Cedillos, M., & Guerrero Berrios, M. (2003). *Inducción Floral del Limón Pérsico* (No. 16143/A). CENTA.

Rodríguez Torres, I. V., & Mesa Cobo, N. C. (2012). *Ácaros que afectan la calidad del fruto de los cítricos en Colombia*. Corporación Universitaria Lasallista.

Rokaya, P. R., Baral, D. R., Gautam, D. M., Shrestha, A. K., & Paudyal, K. P. (2016). *Effect of pre-harvest application of gibberellic acid on fruit quality and shelf life of mandarin (Citrus reticulata Blanco)*. American Journal of Plant Sciences, 7(07), 1033.

Saavedra, B. E. (2006). *Efecto del 2, 4 D 2, 4 DP y 3, 5, 6 TPA, sobre el tamaño final, productividad y calidad de los frutos en naranjo (Citrus sinensis (L.) Osbeck), cv. Lanelate*. Chile. Universidad Católica de Valparaíso

Sáez, M. (2016). *Usos de giberelinas de síntesis en la fruticultura chilena*.

Saleem, B. A., Malik, A. U., & Farooq, M. (2007). *Effect of exogenous growth regulators application on June fruit drop and fruit quality in Citrus sinensis cv. Blood red*. Pak. J. Agri. Sci, 44, 2.

Salgado, J. K. (2013). *Estimación del impacto económico de las inversiones realizadas por el INIAP en la estación experimental Portoviejo, en investigación y transferencia de tecnologías en limón sutil*. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

Sanches, F. R., Leite, I. C., & Castro, P. (2001). *Efeito do ácido giberélico (AG3) na floração e produção da lima ácida'Tahiti'(Citrus latifolia Tan.)*. Revista Brasileira de Fruticultura, 504-509.

Sánchez-Sánchez, E., Osuna-Ramírez, E., Beltrán-Fonseca, J., Padilla-Valenzuela, I., & Ramírez-Arredondo, J. A. (2009). *Inhibición de la floración en árboles jóvenes de mango (magnifera indica l.) keitt, aplicado con ácido giberélico*. Biotecnia, 11(3), 3-11.

Santistevan, M. (2016). *La sustentabilidad del cultivo del limón (Citrus aurantifolia (Christm) S.) en la provincia Santa Elena, Ecuador*. Obtenido de Pdf: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2740/F01-S3558-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Serciloto, C. M. (2001). *Fixação e desenvolvimento dos frutos do tangor'Murcote'(Citrus reticulata Blanco x Citrus sinensis L. Osbeck) e da lima ácida'Tahiti'(Citrus latifolia Tanaka) com a utilização de biorreguladores* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

SINAGAP. (Septiembre de 2017). *Boletín de precios al productor Nacional*. Obtenido de Pdf: http://sinagap.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/tematicos_nacionales/p_producto/2017/boletin_precios_producto_septiembre2017.pdf

SIPA. (2018). *Sistema de Información Pública Agropecuaria del Ecuador*. Obtenido de <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/acerca-del-sipa/sistema-informacion-publica-agropecuaria>

Suárez, P. M., Luis, S. P., Quesada, E. S., & Flores, F. F. (2007). Estudio pomológico de la toronja (Citrus paradisi Macf. cv. Marsh) relacionado con la abscisión de los frutos. *Centro Agrícola*, 34(1), 63-68.

Talón, Mehouchi, J., Iglesias, D., Tadeo, F., Agustí, M., y Primo-millo, E. (2000). The role of leaves in citrus fruitlet abscission. Effects on endogenous gibberellin levels and carbohydrate content. *Jr. Hortic. Sci & Biotechnol.* 75: 79-85.

- Tello, V., Peralta, O., & Rioja, T. (2019). *Voltinism of Aleurothrixus floccosus Maskel (Hemiptera: Aleyrodidae) in an oasis agroecosystem in the Atacama Desert, Tarapacá Region, Chile*. *Idesia (Arica)*, 37(1), 5-7.
- Timmer, L. W., Garnsey, S. M., & Graham, J. H. (2001). *Plagas y enfermedades de los cítricos* (No. F/634.39 P5). Madrid, España. Ediciones Mundi-Prensa.
- Tolentino, A. (2010). *Uso de un complejo hormonal y micronutrientes en dos momentos de la floración en naranja "Valencia"*. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- UNODC (2017). *Manual para el productor: Poda de cítricos*. Naciones Unidas contra la Droga y el Delito. Manejo Integral de Recursos Naturales en el trópico de Cochabamba y los Yungas de La Paz –Bolivia.
- Valenzuela, F. (2012). Efecto de cuatro dosis de ácido naftalinacético sobre la inducción floral del limón Persa (*Citrus latifolia*, Rutaceae) en Jerez, Jutiapa. Universidad Rafael Landívar.
- Vargas, A., Ayala, G., & Garay, A. (2014). Adopción de innovaciones en limón Persa (*Citrus latifolia* Tan.) en Tlapacoyan, Veracruz. *Redalyc*, 1 - 13.
- Vargas, G., Espinoza, J., & Quirós, J. (2011). Desfasamiento de cosecha del limón Persa (*Citrus latifolia*). *Redalyc*, 3.
- Vasconez, A. (2019). *Influencia de las auxinas y giberelinas sobre el rendimiento y la calidad de la fruta limon sutil (citrus aurantifolia (Christm.) Swingle*. Ecuador: Universidad Técnica de Manabí.
- Vanegas, M. (2002). *Guía técnica. Cultivo de limón pérsico*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)
- Vázquez, F. (2009). *Uso de un complejo hormonal y micronutrientes en naranja "Valencia"*. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". México.
- Vega, A. M. (2015). *Actividades de riego, abonado y tratamientos en cultivos*. España: Paraninfo, S.A.
- Vegas, U., & Narrea, e. M. (2011). *Manejo integrado del cultivo de limón*. Obtenido de Pdf: <http://www.organicinternationalperu.com/documentos/organic-manual-integrado-cultivo-limon.pdf>

Vélez, J., Álvarez, J., & Alvarado, O. (2012). *El estrés hídrico en cítricos (Citrus spp.)*. Scielo.

Villalba, L., Herrera, A., & Orduz, J. (2013). *Parámetros de calidad en la etapa de desarrollo y maduración en frutos de dos variedades y un cultivar de mandarina (Citrus reticulata blanco)*. Scielo.

Villagrán Reyes, B. (2008). *Efecto de la aplicación de ácido giberélico y 2, 4-D, sobre la carga frutal en mandarino variedad fortune*. Universidad de Chile

Zea Hernández, L. O., Saucedo Veloz, C., Cruz Huerta, N., Ramírez Guzmán, M. E., & Robles González, M. M. (2016). *Evaluación de aplicaciones pre cosecha de ácido giberélico en la calidad y vida de anaquel de tres variedades de limón mexicano*. Revista Chapingo. Serie horticultura, 22(1), 17-26.

Zapiain G. (2002). *Evaluación de la naranja (Citrus sinensis (L.) Osbeck) en el trópico seco*. Obtenido de

http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4786/Zapiain_Esparza_Gilberto.pdf?sequence=1

XI. ANEXOS

Anexo 1. Selección de árboles en el huerto experimental.



Anexo 2. Aplicación foliar de las fitohormonas en el huerto experimental.



Anexo 3. Toma de datos en el huerto experimental.



Anexo 4. Cosecha del limón sutil.



Anexo 5. Mediciones de variables de estudio en el Laboratorio.

