

**TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
CAMPUS TECNOLÓGICO LOCAL SAN CARLOS**

**EFFECTO DE LA PODA DE FRUCTIFICACIÓN POR VENTANAS
SOBRE LA BROTAÇÃO, FLORACIÓN Y FRUCTIFICACIÓN DEL
LIMÓN MESINA (*Citrus latifolia* Tan.) EN FINCA ARTACA S.A.,
HEREDIA, SARAPIQUÍ, COSTA RICA**

Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de Agronomía
como requisito parcial para optar al grado de Licenciado en Ingeniería en Agronomía

JOSÉ DAVID ARTAVIA MEJÍA

Santa Clara, 2019



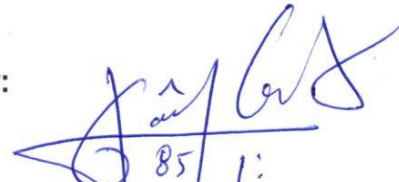
Carrera de Ingeniería en
Agronomía
Tecnológico de Costa Rica
Sede Regional San Carlos

**EFFECTO DE LA PODA DE FRUCTIFICACIÓN POR VENTANAS
SOBRE LA BROTACIÓN, FLORACIÓN Y FRUCTIFICACIÓN DEL
LIMÓN MESINA (*Citrus latifolia* Tan.) EN FINCA ARTACA S.A.,
HEREDIA, SARAPIQUÍ, COSTA RICA**

JOSÉ DAVID ARTAVIA MEJÍA

Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:

Ing. Agr. Rolbin Castillo Matamoros, Lic.



85/1:
Asesor Principal

Ing. Agr. Zulay Castro Jiménez, MGA.



Co-asesora

Ing. Biot. Fabián Echeverría Beirute, Ph D.



Jurado

Ing. Agr. Zulay Castro Jiménez, MGA.



Coordinadora
Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Alberto Camero Rey, M. Sc.



Director
Escuela de Agronomía

Santa Clara, 2019

DEDICATORIA

A Dios, por darme la fortaleza suficiente día con día para lograr hacer lo que me gusta y hacerlo de la manera correcta.

A mi Padre y mis hermanos, quienes económicamente me ayudaron en muchos momentos de necesidad.

A la mujer más importante en mi vida (mi madre), quien me acompañó y me cuidó desde los inicios de mi educación primaria hasta finales de mis estudios.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme concluir este gran logro y de muchos otros logros que están por venir.

A mi madre (Rosalina Mejía), por su apoyo incondicional tanto en momentos de alegría como en momentos de dificultad en el transcurso de mis estudios y a lo largo de mi vida.

A mis hermanos (Luis Artavia, Manuel Artavia, Jonathan Artavia, Juan Artavia) por estar presentes en los momentos más importantes en mi vida.

A la empresa Artaca S.A. por tomarme en cuenta y por su apoyo en el desarrollo de este experimento.

A mi familia Artavia Mejía, por ser un motivo de orgullo, de motivación para continuar y por supuesto por su apoyo incondicional.

Un agradecimiento especial a la persona, Psic. Noidy Salazar Arrieta quien me brindó su amistad y su apoyo en momentos de dificultad en mi carrera.

A mis amigos del programa residencia y del TEC más representativos (Jaime Gómez, Carlos Arrieta, Deybin Díaz, Ricardo Rodríguez, Raquel Lizano), quienes me brindaron su amistad y apoyo emocional en momentos que lo requería y a las muchas otras personas y amigos que influyeron en mi vida positivamente.

Al Instituto Meteorológico Nacional (IMN) por su aporte con los datos meteorológicos del periodo de septiembre del 2018 a enero del 2019.

TABLA DE CONTENIDO

	Pagina
DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	III
TABLA DE CONTENIDO	IV
INDICE DE CUADROS	VII
INDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIV
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación	3
1.2 Objetivo general.....	4
1.3 Objetivos específicos	4
1.4 Hipótesis de trabajo	5
2 REVISIÓN DE LITERATURA	6
2.1 Generalidades del cultivo de limón Mesina	6
2.2 Descripción taxonómica	7
2.3 Descripción morfológica.....	7
2.3.1 Árbol.....	7
2.3.2 Hoja.....	8
2.3.3 Flor.....	8
2.3.4 Fruto.....	8
2.3.5 Raíz.....	9
2.3.6 Tallo	9
2.4 Poda de fructificación.....	10
2.4.1 Tipos de poda de fructificación	10
2.4.1.1 Poda de las orillas de los árboles	10
2.4.1.2 Poda por descope	11
2.4.1.3 Poda cónica	11

2.4.1.4	Poda por ventanas	12
2.4.2	Corte de ramas en árboles frutales.....	12
2.5	La poda y su efecto sobre las variables de formación de brotes, flores, cuajado de frutos, producción de frutos y tamaño del fruto en cítricos y otros frutales.....	14
2.6	Relación de la pendiente del terreno con la acidez y la pérdida de nutrientes del suelo en plantaciones de cítricos.	17
3	MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1	Ubicación	18
3.2	Periodo de estudio	19
3.3	Área y unidad experimental.....	20
3.4	Material experimental	21
3.4.1	Cultivo	21
3.5	Descripción de los tratamientos	22
3.6	Variables de respuesta estudiadas	24
3.7	Diseño experimental y arreglo de tratamientos	2
3.7.1	Croquis y especificación de los tratamientos	3
3.8	Análisis estadístico.....	3
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	4
4.1	Nivel de significancia de los factores a nivel general y a lo interno de los lotes experimentales en relación con las variables de formación y producción del limón Mesina.....	4
4.2	Efecto del lote y tratamiento sobre la formación de brotes y flores según el estrato del árbol de limón Mesina.	7
4.2.1	Efecto del fósforo y la acidez extraíble presentes en los lotes experimentales sobre las variables de formación y producción.....	9
4.2.2	Efectividad por etapa de formación y de producción del limón Mesina según la topografía del lote experimental.	10

4.2.3 Comportamiento de la formación y producción de fruta de limón Mesina por influencia de los grados día acumulados y la precipitación post-poda.	12
4.2.4 Efecto de la poda sobre las etapas de formación y producción de limón Mesina.	17
4.2.5 Comportamiento del diámetro de fruto de limón Mesina según topografía del lote cultivado con árboles podados y sin podar.	18
5 CONCLUSIONES.....	22
6 BIBLIOGRAFÍA.....	24
7 ANEXOS	34
Anexo 1	34
Anexo 2	34

INDICE DE CUADROS

Cuadro N ^o	Título	Página
1.	Caracterización del área experimental (lotes con y sin pendiente) en el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019.....	20
2.	Tratamientos establecidos en el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019.....	22
3.	Variables evaluadas, procedimiento seguido, fase y etapa productiva y frecuencia de observación durante el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019.	1
4.	Significancia a nivel general de los factores con relación a las variables evaluadas (número de brotes, número de flores, número de frutos cuajados, número de frutos a cosecha) en el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019.	5
5.	Nivel de significancia de los factores con relación a las variables estudiadas (número de brotes, número de flores, número de frutos cuajados, número de frutas a cosecha) a lo interno de los lotes con y sin pendiente en el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019.....	6
6.	Efecto de la interacción tratamiento*estrato en la formación de flores a lo interno del lote sin pendiente (primera evaluación) en el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019.....	8

7.	Efecto del estrato a nivel general sobre la formación de brotes (primera evaluación) en el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019.....	8
8.	Efecto del estrato sobre la formación de brotes a lo interno de los lotes con y sin pendiente (primera evaluación) en el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019.	9
9.	Efecto del lote a nivel general sobre la formación de número de brotes, número flores, número de frutos cuajados y producción de fruto cosecha en la primera y segunda evaluación en el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019.	12
10.	Efecto de los árboles con y sin poda a nivel general sobre la formación de número de flores, número de frutos cuajados, y producción de fruto a cosecha (primera evaluación) en el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019	18
11.	Efecto de los árboles con y sin poda sobre la formación de flores, cuaje, y producción de fruto a cosecha a lo interno del lote con pendiente (primera evaluación), en el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019.....	18
12.	Categorización del diámetro de los frutos en cada tratamiento (poda y no poda) de cada lote experimental (con y sin pendiente) en época crítica y normal de suplencia de limón Mesina, divididos en tres secciones: A: menor a 4, 5 cm; B: de 4, 5 cm a 8 cm; C: mayor a 8 cm, para el caso de época crítica y D: menor a 5 cm; E: de 5 cm a 8 cm; F: mayor a 8 cm, para época de suplencia normal.	20

13. Efecto de los árboles con y sin poda sobre el diámetro de fruto en ambos lotes evaluados (primera evaluación), en el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-201921

INDICE DE FIGURAS

Figura Nº	Título	Página
1.	Índice de estacionalidad (toneladas) de precio-oferta de limón Mesina en el Cenada (PIMA), Costa Rica.	3
2.	Poda de fructificación de las orillas de los árboles en C. latifolia Tan.....	11
3.	Poda de fructificación por descope en árboles de C. latifolia Tan.....	11
4.	Poda de fructificación cónica en árboles de C. latifolia Tan	12
5.	Poda de fructificación por ventanas en árboles de C. latifolia Tan.....	12
6.	Forma correcta de realizar el corte y la reducción de una rama en árboles frutales.....	13
7.	Forma de cortar una rama gruesa en árboles frutales.	13
8.	Forma correcta del corte de ramas por el método de descabezado en árboles frutales.....	14
9.	Mapa de ubicación de los lotes (A: Lote 1 (sin pendiente); B: Lote 2 (con pendiente mayor a 30°) donde se realizó el estudio del efecto de la poda sobre la brotación, floración y fructificación en limón Mesina (C. latifolia Tan.) en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019.....	19
10.	Representación de la distribución de las unidades experimentales con su respectivo tratamiento en el área experimental (lotes con y sin pendiente) en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019.....	21

11.	Representación de estratos del árbol de limón Mesina, a los cuales se le marcó las ramas, para la evaluación de las variables de número de brotes, número de flores, número de frutos cuajados, número de frutos cosechados y diámetro de fruto en el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019.	24
12.	Fases de crecimiento y desarrollo en el ciclo de producción del limón Mesina (<i>C. latifolia</i> Tan.); A) Botón Floral; B) Flor abierta; C) Flor con cabeza de fosforo; D) Brote pequeño; E) y F) Brotes grandes; G), H) y I) Canicas; J), K) y L) Fruto maduro; en el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019.	1
13.	Croquis con su respectiva representación de las unidades experimentales y tratamientos, asignados al azar, en el área experimental de los lotes con y sin pendiente en el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019.	3
14.	Grados día acumulados en los lotes con y sin pendiente; día de la poda (día 0), brotación (Lote 1: 15 días después de la poda; Lote 2: 22 días después de la poda), floración (Lote 1: 17 días después de la poda; Lote 2: 24 días después de la poda), cuaje (Lote1: 45 días después de la poda; Lote 2: 54 días después de la poda) y fruto a cosecha (Lote 1: 80 días después de la poda; Lote 2: 87 días después de la poda) en la primera evaluación en el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019.	15
15.	Precipitación acumulada en el lote con y sin pendiente, día de la poda (día 0), cinco días después de la poda, diez días después de la poda y floración (Lote 1: 17 días después de la poda; Lote	

	2: 24 días después de la poda) en la primera evaluación en el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019.....	17
16.	Informe de resultado de análisis de suelos realizado en el laboratorio de análisis agronómico del Campus Tecnológico Local San Carlos en el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019.....	34
17.	Nivel de significancia para las variable diámetro de fruto en el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019.....	34

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en la finca Artaca S.A., la cual se localiza en Sarapiquí, Heredia, Costa Rica, con el objetivo de evaluar el efecto de la poda de fructificación en dos localidades productoras de limón Mesina (*Citrus latifolia* Tan.) con diferente topografía, sobre la producción de fruta fresca. Se evaluaron cuatro tratamientos mediante un diseño de Bloques Generalizados (DGS), establecidos en dos bloques: (Lote 1: sin pendiente; Lote 2: con pendiente). Los tratamientos evaluados se clasificaron como T1: poda de fructificación en árboles ubicados en terrenos sin pendiente; T2: árboles sin poda de fructificación ubicados en terrenos sin pendiente; T3: poda de fructificación en árboles ubicados en terrenos con pendiente; T4: árboles sin poda de fructificación ubicados en terrenos con pendiente. Cada bloque (área experimental) estuvo conformado en total por 20 unidades experimentales (10 por tratamiento). Las variables evaluadas fueron: número de brotes, número de flores, número de frutos cuajados, número de frutos a cosecha y diámetro de fruto. Se utilizaron dos modelos estadísticos: modelo simplificado (a lo interno de los lotes) y el modelo completo (a nivel general). Los resultados mostraron que a lo interno del lote cultivado (modelo simplificado) con pendiente la poda de fructificación propició mayor formación de flores, de frutos cuajados y mayor producción de frutos a cosecha (primera evaluación) y que los árboles podados del lote sin pendiente presentaron frutas con mayor diámetro en comparación a las frutas de los árboles sin podar en el lote sin pendiente y a los árboles con y sin poda en el lote con pendiente. A nivel general (modelo completo) los árboles podados presentaron mayor formación de flores, frutos cuajados y mayor producción de frutos cosechados que en los árboles sin podar (primera evaluación). La poda de fructificación generó un estrés, el cual estimula la floración y posterior fructificación en árboles de limón Mesina cultivados con pendiente.

Palabras clave: grados día, poda, estratos, savia, reguladores de crecimiento.

ABSTRACT

The present investigation was carried out in the Artaca SA farm, which is located in Sarapiquí, Heredia, Costa Rica, with the objective of evaluate the effect of the pruning of fruiting in two locations producing of lemon messina (*Citrus latifolia* Tan.) with different topography, on the production of fresh fruit. Four treatments were evaluated using a Generalized Blocks design (GBD), established in two blocks (Batch 1: Without slope, Batch 2: With slope). The treatments evaluated are classified as T1: fruiting pruning on trees located on land without slope; T2: trees without pruning of fruiting located on land without slope; T3: fruiting pruning on trees located on land without slope; T4: trees without pruning of fruiting located on land without slope. Each block (experimental area) was made up of 20 experimental units, 10 per treatment. The variables evaluated were: number of buds, number of flowers, number of fruits curdled, number of fruits to harvest and diameter of fruit. Two statistical models were used: simplified model (inside the lots) and the complete model (in general). The results showed that within the lot cultivated (simplified model) with slope the pruning of fruiting led to greater formation of flowers, fruit curdled and greater production of fruits to harvest (first evaluation) and that the pruned trees of the lot without slope led to larger diameter fruits compared to fruits from unpruned trees in the lot without slope and trees with and without pruning in the lot with slope. At a general level (complete model) the pruned trees presented greater formation of flowers, of fruit curdled and greater production of harvested fruits than in the trees without pruning (first evaluation). Fruiting pruning generated an induced stress, which stimulates the flowering and subsequent fruiting in cultivated sloping lemon messina trees.

Key words: degrees day, pruning, strata, sap, growth regulators.

1 INTRODUCCIÓN

Los cítricos son uno de los cultivos frutales de mayor importancia económica en el mundo, donde su productividad se mide en términos del número de frutos cosechados por su peso, siendo el tamaño final un parámetro de calidad para los consumidores (Cañizares *et al.* 2007).

En el caso del limón Mesina (*C. latifolia* Tan.) en los últimos años ha incursionado con fuerza en el mercado interno costarricense, siendo así que actualmente es la segunda especie de importancia que se comercializa mayoritariamente a nivel nacional. En el 2010 se exportaron 144 387 kilogramos, esto se debe en gran medida a la decadencia de la producción de limón criollo (*Citrus aurantifolia*), producto de la susceptibilidad que tiene este cultivo a enfermedades (Jiménez 2016). Phillips *et al.* (2018) indican que el limón criollo es altamente susceptible a antracnosis.

En el año 2012 en Centroamérica se produjo el 1,4% del total producido a nivel mundial de limón Mesina. Costa Rica ocupó el tercer lugar de la región con 30.000 toneladas, el cual representa el 14% del total producido. Además, ocupó el segundo lugar en Centroamérica en cuanto a rendimientos, con alrededor de 20 toneladas por hectárea y con un área de producción de 1450 hectáreas (SAG 2014).

En el cultivo de limón Mesina lo ideal para la siembra es contar con terrenos planos, ondulados o con pendientes no mayores al 30° (Briceño *et al.* 2015); por tal razón, es adecuado realizar la siembra en zonas con poca pendiente, para así lograr obtener éxito en producción (Doria 2014).

Dentro de las técnicas de manejo integral de los cítricos como es el caso de *C. latifolia* Tan., está la poda, la cual permite aumentar la formación de flores y producción frutos, propiciando cosechas abundantes de gran volumen y calidad (Díaz *et al.* 2013; Padrón y Rocha 2007); uno de los procesos que induce a lo anterior es la dominancia apical, la cual es una respuesta del árbol a la poda, esta tiene influencia en la diferenciación de las yemas que en un principio son vegetativas

y luego pasan a ser florales. Además, la poda permite la entrada de luz (influye en la formación de brotes y flores, cuaje del fruto, calidad y color del fruto) que proporciona la energía necesaria para producir fotosíntesis, con este proceso se crean los carbohidratos, los cuales son de importancia para el funcionamiento fisiológico del árbol, provocando el crecimiento y producción de frutas.

La principal respuesta del árbol a la poda es el crecimiento vegetativo, ya que estimula la brotación de yemas que son fisiológicamente jóvenes (Padrón y Rocha 2007). En los árboles de limón Mesina las podas realizadas en ramas jóvenes menores a seis meses de edad producen flores entre las cinco y seis semanas (Rodríguez 2002).

En limón Mesina de las flores formadas por un árbol solo entre 1% y el 2% llega a cuajar fruto y del total de frutos formados (cuajados) el 10% se cae antes de la cosecha, por la competencia existente de nutrientes en el árbol (Hernández *et al.* 2003).

Respecto a la oferta de limón Mesina en el país, ésta muestra una estacionalidad marcada la cual se relaciona con los tiempos de cosecha, donde se presenta dos momentos, el primero transcurre de mayo a noviembre y el segundo desde diciembre a abril. Por las grandes cantidades de volumen de fruta que se ofrece en el primer momento el precio cae, particularmente en los meses agosto, septiembre y octubre. Para los meses de diciembre el precio tiende a la alza, en la Figura 1 se observa lo comentado anteriormente.



Figura 1. Índice de estacionalidad (toneladas) de precio-oferta de limón Mesina en el Cenada (PIMA), Costa Rica.

Fuente: Briceño *et al.* (2015).

Las bajas temperaturas y el estrés hídrico son considerados los principales factores de inducción floral en cítricos. En condiciones tropicales el factor determinante es el factor hídrico, el grado de inducción es proporcional a la duración y severidad del estrés (Micheloud 2012).

1.1 Justificación

En los últimos años en la finca Artaca S.A. se ha venido realizando la labor de la poda de fructificación con el objetivo de obtener floración y así mantener producción prácticamente todo el año. Esta poda se ha realizado en terrenos con diferente topografía (con y sin pendiente) sin conocer sus efectos significativos sobre la producción de fruta fresca de limón Mesina.

Es importante mencionar que este cultivo aunque en la actualidad es el segundo cítrico de importancia económica en Costa Rica (Jiménez 2016), la investigación sobre este tema es muy escasa, ocasionando que los productores nacionales no tengan a disposición la información precisa y detallada del efecto de la poda en la producción final de fruta fresca.

Con este trabajo de investigación se generó nuevos conocimientos tanto a nivel país como en la finca Artaca S.A., sobre el efecto de la poda de fructificación y la topografía del terreno en la producción de fruta fresca del árbol de limón Mesina (*C. latifolia* Tan). Con este tipo de poda se busca mejorar la penetración de luz (mayor

fotosíntesis) para así aumentar la formación (brotes, flor y fruto cuajado) y calidad final de fruta fresca (Santarosa *et al.* 2013). García (2007) menciona que la poda de fructificación regula la producción y favorece la iluminación, a su vez propicia la renovación de los órganos de fructificación que están agotados y distribuye mejor la fruta en el árbol, mejorando su calidad (mejora el aspecto externo del fruto, y aumenta el tamaño del fruto).

1.2 Objetivo general

- Evaluar el efecto de la poda de fructificación por ventanas en árboles de limón Mesina (*Citrus latifolia* Tan.) ubicados en terrenos con diferente topografía, sobre la producción de fruta fresca, en Sarapiquí, Costa Rica.

1.3 Objetivos específicos

1. Determinar número de brotes, número de flores, número de frutos cuajados y número de frutos a cosecha en tres estratos del árbol (alto, medio y bajo) de limón Mesina según poda de fructificación y la topografía del terreno.
2. Determinar el diámetro de fruta fresca en árboles de limón Mesina según poda de fructificación y la topografía del terreno.
3. Explicar el comportamiento de la producción de fruta fresca en limón Mesina con base en las condiciones nutricionales del suelo (fósforo y acidez extraíble).
4. Explicar el comportamiento de la producción de fruta fresca en limón Mesina con base a las condiciones meteorológicas (precipitación, temperatura (grados día)) con la producción de fruta fresca en limón Mesina.

1.4 Hipótesis de trabajo

- La poda de fructificación por ventanas en árboles de limón Mesina propicia mayor formación (brotes, flores, cuaje) y producción (fruta a cosecha) de las variables evaluadas.
- En plantación de limón Mesina cultivada en pendiente la formación de número de brotes, número de flores, número de frutos cuajados y la producción de número de frutos a cosecha es inferior al observado en cultivo en plano, con o sin poda de fructificación en ambos casos.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del cultivo de limón Mesina

El limón Mesina tuvo su centro de origen en el sudeste asiático (González 2011; Sánchez 2005); donde se localiza ciudades como Sumatra, Archipiélago, Indomalayo, Norte de Australia, Birmania, Noroeste de la India, Bangladesh y el Sur de las Cordilleras del Himalaya (Sánchez 2005).

El árbol de limón Mesina es muy ramificado, su tronco es torcido y sus ramas poseen espinas. Su flor es de color blanco-amarillenta con bordes morados. En el caso del fruto, este es una baya cítrica de forma ovalada o esférica (Briceño 2015); es de cáscara fina y la pulpa no presenta semillas (Badillo 2011). Puede alcanzar una altura entre 6 m a 7 m y un diámetro de 5 m a 6 m, su tronco es corto y sus ramas crecen en varias direcciones (Jiménez 2016). El fruto después de su cuaje continúa creciendo en el árbol hasta llegar a una longitud de 9 cm y un diámetro de 7 cm.

El desarrollo del árbol de limón Mesina se puede dar tanto en lugares con temporadas lluviosas como secas. Este cítrico requiere de una precipitación entre los 900 mm a los 1,200 mm anuales (Sánchez 2005; González 2011); pero para que se presente un buen desarrollo de la plantación y que ésta no presente problemas hídricos, se recomiendan de 1,200 mm a 2,000 mm de precipitación anual (Sánchez 2005).

Quevedo (2012) por su parte menciona, que el limón Mesina necesita entre 1,000 mm a 2,000 mm anuales de precipitación, con una temperatura de 22 °C a 30 °C. González (2011) indica que el rango de temperatura de la mayoría de los cítricos va desde los 17 °C hasta los 28 °C.

La humedad relativa es ventajosa para el crecimiento de los cítricos, esto cuando alcanza valores entre 80% y 90%, ya que la planta transpira menos (Sánchez 2005; González 2011).

En relación con la altitud, se cree que alturas que varíen desde los 500 msnm a los 1,800 msnm influyen de forma directa en el aspecto físico del fruto, donde a mayor altitud la consistencia se torna rugosa y la coloración es verde intenso, en el caso de altitudes inferiores la consistencia es lisa y su color es menos intenso (Sánchez 2005).

2.2 Descripción taxonómica

La planta de limón Mesina, según Quevedo 2012 y Jiménez 2016 pertenece a:

Clase: Dicotiledóneas

Sub-clase: Arquiclamídeas

Orden: Geraniales

Sub-orden: Geranineas

Familia: Rutaceae

Sub-familia: Aurantioideas

Género: *Citrus*

Especie: *latifolia*

Nombre científico: *Citrus latifolia* Tan

2.3 Descripción morfológica

2.3.1 Árbol

Es de porte pequeño que crece hasta los 6 m o 7 m, es preferible mantener el árbol pequeño mediante podas de formación (Badillo 2011); ya que se facilita labores como es el manejo fitosanitario y cosecha (Santarosa *et al.* 2013). La copa es redonda, densa y simétrica.

Los árboles de esta variedad de cítricos tiene la particularidad de no entrar en periodo de dormancia o descanso. El rango de crecimiento se reduce en periodos de clima frío, sin embargo, algunos árboles tienen un crecimiento con total normalidad durante todo el año (Badillo 2011; Quevedo 2012).

2.3.2 Hoja

Las hojas de este cultivo son de color verde pálido en edades tempranas, cuando son más viejas presentan una coloración verde oscuro. El limbo de las hojas varía de 7,6 cm a 12,7 cm de largo y de 4,5 cm a 6,4 cm de ancho (Sánchez 2005; Quevedo 2012; Badillo 2011). El ápice es ligeramente recortado y sus pecíolos son alados (Sánchez 2005).

2.3.3 Flor

La flor presenta cinco pétalos, por lo general son de color blanco, cuando la flor está abierta tiene 3,0 cm a 3,5 cm de ancho. Esta tiene de 20 estambres a 40 estambres soldados en un anillo, donde se desarrollan las anteras de color amarillo pálido, las cuales contienen el polen viable. El pistilo es aproximadamente de 1,2 cm de largo, con un ovario verde y un estigma amarillo. Las anteras en la mayoría de las veces son de color amarillo brillante (Sánchez 2005; Quevedo 2012). La propagación vegetativa de este cultivo inicia con la floración, ésta ocurre de uno a dos años después de la plantación (Badillo 2011).

En cítricos, específicamente en la floración, se debe conocer que los brotes florales y vegetativos se forman en los meristemos laterales y no en los meristemos apicales. Los brotes no siempre llegan a formar flores, solo producirán los brotes que presenten una buena nutrición y protegidos por muchas hojas.

En la etapa de floración aparecen varios tipos de brotes (mixtos o sencillos), dentro de los brotes que se pueden presentar están los que no tienen hojas, mixto I (pocas hojas y pocas flores), mixto II (pocas hojas y varias flores) y mixto III (pocas flores y muchas hojas). Los brotes mixto I y II, presentan poca o ninguna fructificación, por su parte el brote mixto III, por lo general produce alta fructificación (Hernández *et al.* 2003).

2.3.4 Fruto

El fruto es una baya cítrica, su forma es ovalada, mide entre los 3 cm y 6 cm de diámetro. Posee cáscara lisa, delgada y compacta. El interior de este se encuentra

segmentado en vesículas llenas de jugo, su pulpa es carnosa, verde translúcida y jugosa (Briceño *et al.* 2015). Son de color verde oscuro durante su desarrollo y se tornan verde claro o amarillo cuando comienza la maduración (Badillo 2011; Quevedo 2012). La fruta es ácida, aromática y sin semillas (Badillo 2011; Quevedo 2012; Sánchez 2005).

Después de la floración los días necesarios para que la fruta logre alcanzar su madurez son de 90 días a 120 días, eso dependerá de las condiciones climáticas y el manejo de la plantación. La fruta continuará desarrollándose hasta llegar a una longitud de 9 cm y un diámetro de 7 cm (Quevedo 2012; Sánchez 2005). El fruto cuando alcanza la madurez presenta una corteza fina, color amarillo verdoso o completamente amarillo, pobre en aroma y por lo general ya no es considerada fruta fresca (Quevedo 2012).

2.3.5 Raíz

En las raíces de los cítricos los pelos absorbentes están ausentes sobre las raíces fibrosas, por su parte las raíces secundarias abundan y crecen rápidamente. Por otro lado, las raíces principales cumplen dos funciones, servir como sostén vertical de la planta protegiéndola de los vientos y conducir el agua y alimentos que absorben las raíces fibrosas (Sánchez 2005).

En los cítricos como es el caso de *C. latifolia* Tan., cultivados en suelos arenosos, el 50% de sus raíces alcanzan profundidades de 75 cm y en suelos con poco drenaje el 75% de las raíces se encuentra entre los cero y 40 cm de profundidad (Contreras *et al.* 2008).

2.3.6 Tallo

El tallo es leñoso, torcido, su color es claro con poros, estos son finos. Presenta forma cilíndrica y tanto la altura como la ramificación son variables (Sánchez 2005). Es corto, sus ramas son encorvadas hacia el suelo, las ramas jóvenes tienen una orientación vertical; sin embargo, cuando crecen y sostienen los frutos se doblan hacia abajo hasta tomar una forma horizontal (Quevedo 2012; Badillo 2011). Las

ramas jóvenes pueden ser que no tengan espinas o puede tenerlas pequeñas y gruesas de aproximadamente 7 mm de largo (Badillo 2011).

2.4 Poda de fructificación

La poda de fructificación es considerada la poda de mayor importancia en los cítricos, ésta influye en la cantidad, calidad y tamaño del fruto, además ayuda a disminuir la presencia de enfermedades que sobreviven en las ramas muertas o enfermas, como es el caso de antracnosis y la melanosis, las cuales son las causantes de la caída de frutos pequeños (Sánchez 2005; Padrón y Rocha 2007).

En este tipo de poda también se realiza la eliminación de brotes viejos, ramas cruzadas, chupones y aclareo y acortamiento de ramas fructíferas (Mansilla *et al.* 2003; UNODC 2017).

Dentro de los factores que definen la respuesta de la planta a la poda están: el tipo de corte, la rama podada, la severidad y época de poda. También está la edad, vigor del árbol, hábito de fructificación, variedad, prácticas de producción y condiciones de crecimiento (Padrón y Rocha 2007).

2.4.1 Tipos de poda de fructificación

Según Sánchez (2005) existen cuatro tipos de poda de fructificación: poda de las orillas de los árboles, poda por descope, poda cónica y poda por ventanas.

2.4.1.1 Poda de las orillas de los árboles

Se cortan las ramas en la calle de siembra cuando los árboles se unen, esto con el propósito de aumentar la entrada de la luz y propiciar mayores producciones (Figura 2).

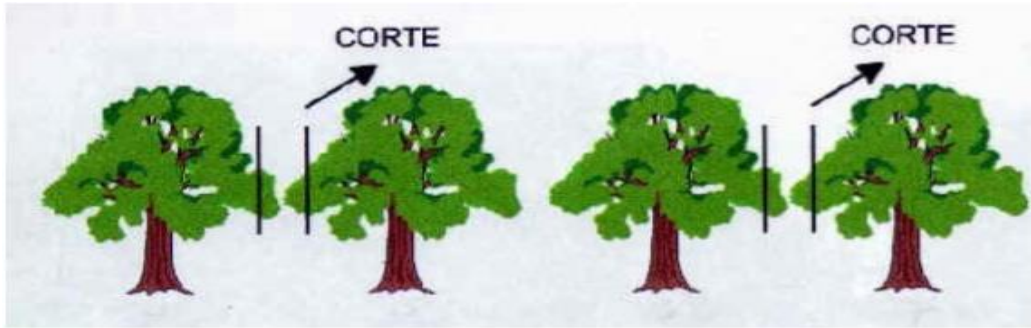


Figura 2. Poda de fructificación de las orillas de los árboles en *C. latifolia* Tan.

Fuente: Sánchez 2005

2.4.1.2 Poda por descope

Cuando un árbol está muy alto se realiza un corte de la parte alta de forma plana, esto puede provocar un aumento de follaje en la parte baja de la copa (Figura 3).

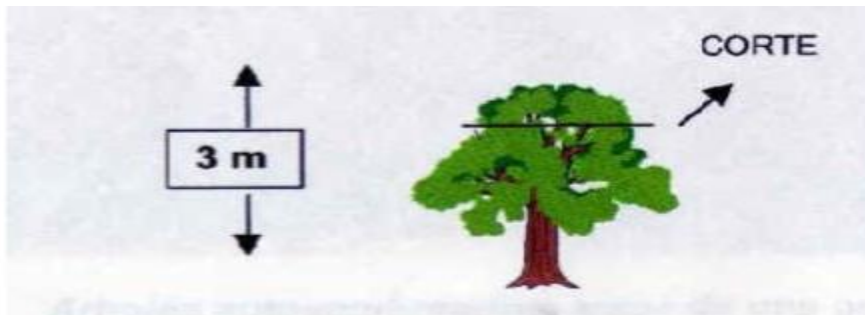


Figura 3. Poda de fructificación por descope en árboles de *C. latifolia* Tan.

Fuente: Sánchez 2005

2.4.1.3 Poda cónica

Se realiza con el objetivo de aumentar la luz en el árbol y facilitar la recolección de frutos, se realiza el corte del follaje de forma cónica (Figura 4).

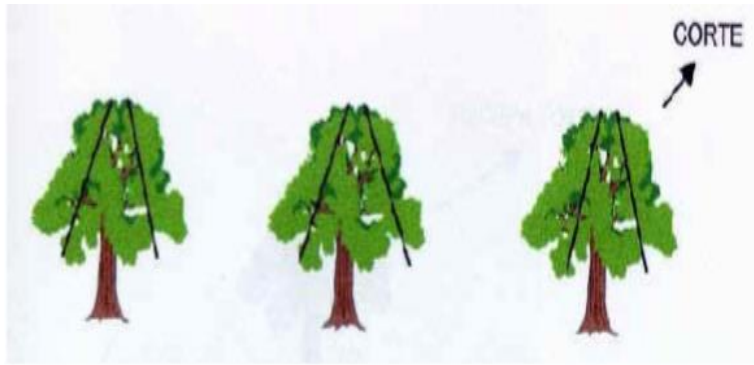


Figura 4. Poda de fructificación cónica en árboles de *C. latifolia* Tan

Fuente: Sánchez 2005

2.4.1.4 Poda por ventanas

Es ejecutada con el propósito de obtener un mejor ingreso de la luz al árbol y por ende mayor producción; se cortan ramas a diferentes alturas (Figura 5).



Figura 5. Poda de fructificación por ventanas en árboles de *C. latifolia* Tan.

Fuente: "Elaboración propia"

2.4.2 Corte de ramas en árboles frutales

En los árboles frutales como es el caso de los cítricos, es importante realizar de forma correcta la poda para asegurar una rápida cicatrización, esto evita la pudrición

interna de los tejidos del árbol. Mansilla *et al.* (2003) indican, que el corte de una rama bien realizado debe ser en el plano que une el exterior de la arruga de la rama, esta no debe ser tocada con el extremo superior del cuello de la rama (Figura 6).



Figura 6. Forma correcta de realizar el corte y la reducción de una rama en árboles frutales.

Fuente: Mansilla *et al.* 2003

De igual manera Mansilla *et al.* (2003) mencionan, que las ramas gruesas se deben cortar por partes, primeramente se hace un corte en la parte inferior de la rama con una determinada distancia del tronco, el corte no debe ser profundo. El otro corte se realiza por la parte superior de la rama paralelo al corte anterior, este un poco más al exterior, por último si se desea renovar el árbol completamente se debe de realizar un descabezado de la rama (Figura 7).

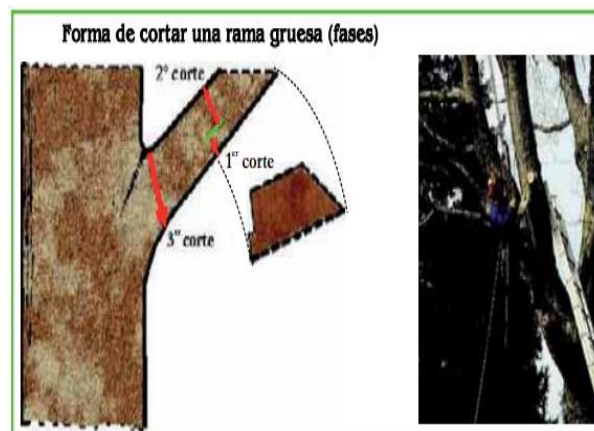


Figura 7. Forma de cortar una rama gruesa en árboles frutales.

Fuente: Mansilla *et al.* 2003

Cuando se quiere remodelar completamente el árbol se utiliza el descabezado de ramas, en este corte se debe tener cuidado porque es una de las formas en que

las pudriciones se presentan internamente en el árbol (Figura 8), (Mansilla *et al.* 2003).

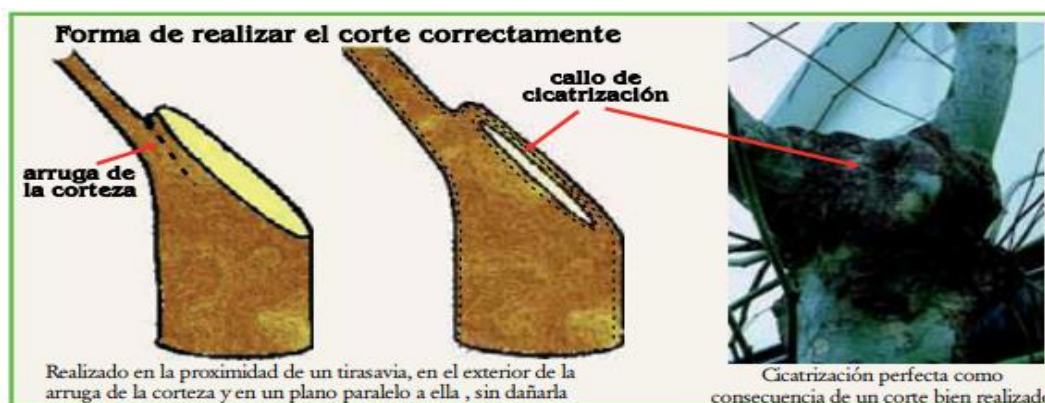


Figura 8. Forma correcta del corte de ramas por el método de descabezado en árboles frutales.

Fuente: Mansilla *et al.* 2003

2.5 La poda y su efecto sobre las variables de formación de brotes, flores, cuajado de frutos, producción de frutos y tamaño del fruto en cítricos y otros frutales.

Según Micheloud (2012) en su investigación, la poda es una técnica con la cual se induce la floración, provoca un aumento del grosor de las ramas que presentan mayor proporción de hojas (brotes) y de inflorescencias con hojas, esto es positivo para la producción de un mayor número, tamaño y calidad de frutos. Además, menciona que el efecto de la poda y la aplicación invernal de giberelinas sobre la intensidad de floración y el cuajado de frutos en naranja dulce (*C. sinensis*), fue observado en el tratamiento de poda invernal, el cual indujo a una mayor cantidad de yemas brotadas y a un mayor desarrollo de ramilletes florales y flores campaneras con respecto al control.

Ariza *et al.* (2004) mencionan en su estudio, que la poda de fructificación produjo una mayor formación de brotes nuevos, lo cuales forman parte de la floración y producción en lima mexicana.

Por su parte Ariza *et al.* (2015) dejan claro en su estudio, que la poda promovió tanto la emisión de brotes como la de flores y que la poda y el raleo de los frutos permitieron lograr una mayor resistencia a la plasticidad de los frutos.

Micheloud (2012) menciona en su estudio, en relación con el cultivo *C. sinensis*, que los mayores porcentajes de cuajado final de frutos obtenidos fueron registrados en los tratamientos de rayado de ramas (6,6 %) y poda invernal (5,5 %), los cuales presentaron diferencias significativas con respecto a los tratamientos presentados en los de sacarosa (1,9 %) y sacarosa combinado con urea (1,3 %), los cuales mostraron los menores valores.

Contreras (2011) indica en su estudio, que la poda en limón persa (*C. latifolia* Tan.) produjo un incremento en la producción y que con la poda combinada con fertilización se logró incrementar la producción invernal.

Dependiendo de la intensidad o nivel de poda que se le aplique al árbol influirá en una menor o mayor producción de fotosíntesis por parte de éste, lo anterior lo deja claro Ghosh (2015) en su estudio, donde menciona que el tratamiento con el mayor nivel de poda (75 cm desde la porción terminal del brote) realizado al cultivo Assam Limón (*C. limón* Burm) presentó el mejor resultado respecto a los demás tratamientos (50 cm y 25 cm desde la porción terminal del brote, así como el tratamiento control (no poda)) , el cual causó un mejor movimiento de aire y luz en la parte interna del árbol, obteniéndose una mayor fotosíntesis.

A su vez Ghosh (2015) hace mención que la intercepción de luz diferencial dentro de las copas de los árboles producto de la poda, es posible que influya en el crecimiento vegetativo, eficiencia fotosintética, iniciación de flores, cuajado de frutos, color de la fruta, tamaño del fruto y la calidad del fruto.

En el estudio realizado por Ambriz *et al.* (2017) indican, que actividades de manejo como la poda, aplicación de urea y anillado, promovió la brotación de las flores en lima persa (*C. latifolia* Tan.) y estas mismas actividades fortalecieron la calidad del fruto producido en invierno.

La aparición temprana de brotes, longitud de brotes, número de brotes y número de frutos por brote, en árboles de guayaba, con poda a 60 cm, según Lakpathi *et al.* (2013) fue significativamente mayor que la poda a 30 cm y que aquellos árboles donde no se aplique poda.

Ghosh (2015) en su estudio, se refiere a que los árboles de guayaba con una poda moderada en la época de invierno produjeron frutos con el mayor peso y tamaño.

La poda moderada (30% de poda en el crecimiento de la temporada anterior), según Kumar *et al.* (2014) es la poda con el nivel óptimo para lograr rendimientos más altos de frutos de Banarasi Karaka, en comparación con podas menos intensas (20% y 10%) y plantas no podadas. Esto podría ser posible, ya que los árboles con poda moderada el dosel es más abierto y el área de las hojas es más ancha, permitiendo un ingreso mayor de la luz, la cual promueve una mayor fotosíntesis.

Ahmad *et al.* (2006) indican en su estudio, que las plantas de mandarina kinnow podadas dieron el mayor número de frutos (610) por planta en comparación con un menor número de frutos (550) por planta en plantaciones no podadas.

En su estudio Ghosh (2015) obtuvo el mayor número de flores y frutos por brote durante la temporada de invierno en plantas de guayaba cv. Lucknow 49 sometido a un tratamiento de poda de 60 cm. Por otra parte, en este mismo estudio se menciona, que los árboles de cítricos podados permiten una mejor penetración de la luz solar en el dosel, lo que propició un mayor peso del fruto y un mejor desarrollo del color que el presentado en las plantas sin podar.

Fernández *et al.* (2015) mencionan en su estudio, que la práctica de poda en limón persa (*C. latifolia* Tan.) mejoró la calidad de la fruta tanto en color como tamaño, permitiendo una mayor entrada de luz, especialmente en la parte inferior de la copa del árbol.

Almaguer *et al.* (2011) en su estudio evaluaron el tratamiento (poda + urea foliar + fertilizante foliar) aplicado en árboles de limón persa (*C. latifolia* Tan.), donde

reportaron que esta combinación puede llevar a una mayor producción, ya que aumentó el número de flores.

2.6 Relación de la pendiente del terreno con la acidez y la pérdida de nutrientes del suelo en plantaciones de cítricos.

Zavala *et al.* (2014) en su artículo mencionan, en relación con plantaciones de cítricos, que tanto la terraza 2 como el relieve de lomeríos ligera a moderadamente inclinados (pendiente) propició la formación de suelos Acrisoles, estos suelos son de buena profundidad y con pocas bases intercambiables, por ende son suelos con mayor acidez. La terraza 1 y el lomerío ligeramente inclinado de la terraza 2 presentó suelos Acrisoles y Cambisoles con horizonte Ap más delgado, los cuales son ligeramente más ácidos. La acidez disminuye la disponibilidad de elementos como el N, P, K, Ca, Mg, Cu y Zn en el suelo, lo cual los vuelve menos fértiles y los árboles llegan a presentar deficiencias (reflejado en menores rendimientos) (Suarez 2011).

En relación con las variables lluvia, escorrentía, pérdida de sedimentos y de nutrientes, Liu *et al.* (2012) en su estudio indican, que el análisis de correlación realizado mostró una relación significativa entre la lluvia y la escorrentía y entre la escorrentía, el rendimiento de sedimentos y las pérdidas de nutrientes (nitrógeno y fósforo) en terrenos con pendientes, esto a futuro estará reflejado en una menor formación de flores y producción de frutos en árboles de cítricos.

Suarez (2011) menciona, que los cítricos absorben mayormente nutrientes en las etapas de floración y formación de frutos. Además, el desarrollo del fruto (diámetro y longitud) se ve influenciado por las variables anteriormente mencionadas, ya que el 30% de nitrógeno y el 70% de fósforo que se encuentra en la planta de cítricos están específicamente en el fruto y al no tener disponible estos macronutrientes en el suelo la absorción de la planta y el transporte de estos al fruto es prácticamente nula.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación

La presente investigación se llevó a cabo en la finca Artaca S.A., la cual se localiza en la Virgen de Sarapiquí, Heredia, Costa Rica. Esta finca se dedica a la producción y comercialización a nivel nacional de limón Mesina; presenta un área de 90 hectáreas, de las cuales 60 hectáreas son utilizadas a la producción de limón Mesina.

Las coordenadas geográficas aproximadas de la finca en estudio son 10°28'2.945" Latitud norte, -84°6'26.655" Longitud Oeste. La elevación del lugar oscila entre los 150 msnm a 200 msnm (Sáenz *et al.* 1999). La temperatura media anual ronda los 24,3 °C y presenta una precipitación media anual de 3771 mm (Prado 2012).

Sáenz *et al.* (1999) también mencionan, que la región en estudio corresponde a un bosque muy húmedo pre-montano transición a basal, donde el paisaje es de colinas bajas, las cuales son formadas por la meteorización de coladas de lava andesítica.

En relación con los suelos, los que predominan en la zona de estudio son los Ultisoles, los cuales son profundos, ácidos, drenados y de baja fertilidad. Por su parte Vega (2014) indica con relación a la hidrografía, que la región está localizada en la sub-vertiente norte de la Vertiente del Caribe donde se encuentran las cuencas de los ríos Sarapiquí, Sucio, Chirripó y Cureña.



Figura 9. Mapa de ubicación de los lotes (A: Lote 1 (sin pendiente); B: Lote 2 (con pendiente mayor a 30°) donde se realizó el estudio del efecto de la poda sobre la brotación, floración y fructificación en limón Mesina (*C. latifolia* Tan.) en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019.

Fuente: Google Maps

3.2 Periodo de estudio

El trabajo a nivel de campo se realizó entre los meses de octubre de 2018 a enero de 2019, tomando en consideración el periodo de muestreo previo a la poda, la incorporación de los tratamientos con su número de repeticiones de cada lote experimental, la ejecución de la poda y los muestreos posteriores a la poda.

Lo anterior con el propósito de evaluar producción respecto a la formación de número de brotes, número de flores, número de frutos cuajados y la producción de número de frutos a cosecha, así como la medición de diámetro de fruto.

3.3 Área y unidad experimental

Cuadro 1. Caracterización del área experimental (lotes con y sin pendiente) en el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-

Lote sin pendiente	Lote con pendiente
Pendiente 0°	Pendiente >30°
8 hectáreas.	3,5 hectáreas.
Día de poda: 5 de octubre.	Día de poda: 11 de octubre.
Fósforo presente en el suelo: 19,69 mg/l.	Fósforo presente en el suelo: 10,24 mg/l.
Acidez extraíble presente en el suelo: 0,25 cmol (+) /l.	Acidez extraíble presente en el suelo: 1,40 cmol (+)/l.

2019.

Se implementó un total de diez unidades experimentales (repeticiones) por tratamiento en cada lote, donde cada unidad experimental fue la misma unidad de observación, estas fueron distribuidas en diferentes sitios del área experimental, alejadas considerablemente unas de otras.

Los árboles alrededor de cada unidad experimental tuvieron la misma condición que la unidad misma, eso quiere decir que, si la unidad experimental fue con poda, los árboles cercanos fueron podados también, de igual manera para los árboles sin poda, los árboles cercanos no fueron podados, esto con el objetivo de disminuir el efecto de competencia por luz que pudo existir entre los árboles cercanos con la unidad experimental (Figura 10).

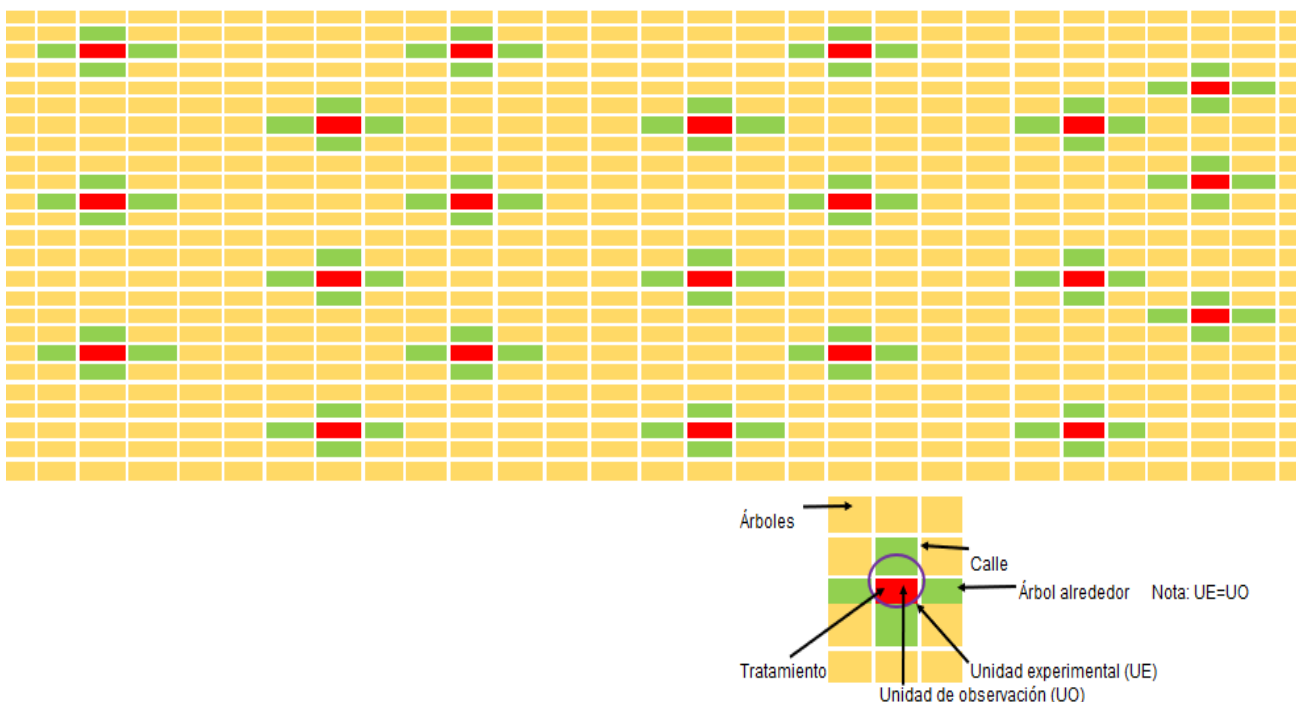


Figura 10. Representación de la distribución de las unidades experimentales con su respectivo tratamiento en el área experimental (lotes con y sin pendiente) en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019.

3.4 Material experimental

3.4.1 Cultivo

El lote sin pendiente tiene un aproximado de 1020 árboles y el lote con pendiente por su parte tiene un aproximado de 714 árboles. Los árboles de limón Mesina ubicados en estos dos lotes fueron cultivados con el tipo de diseño espacial en filas, con una distancia entre filas de 7 m y 7 m entre árboles.

Ambos lotes tienen entre cuatro a seis años de edad. Estos árboles fueron sembrados con una profundidad aproximada de 40 cm. En relación con la poda realizada en la finca, los árboles de los dos lotes se les aplica poda de fructificación una vez al año. El periodo transcurrido desde la primera cosecha hasta la última cosecha de los árboles en el sin pendiente fue de dos años y en el caso del con pendiente fue de cuatro años.

El manejo que se brinda a los árboles en estos dos lotes experimentales consiste en la aplicación de abono orgánico cada año, también cada año se realiza una

aplicación de fungicida para el control de patógenos (especialmente *Phytophthora* sp), además se realiza una enmienda orgánica (calcio + magnesio) cada dos años. Se debe considerar que durante el estudio ninguno de los dos lotes experimentales fue sometido a las prácticas de manejo que anteriormente se mencionaron, esto con el objetivo de mantener condiciones similares en cada lote.

3.5 Descripción de los tratamientos

Se utilizó en total cuatro tratamientos, que consistieron en podar y no podar (10 árboles con poda y 10 árboles sin poda) en el lote con pendiente y también en podar y no podar en (10 árboles con poda y 10 árboles sin poda) en el lote sin pendiente, evaluados en los estratos alto, medio y bajo del árbol. La poda inició y concluyó en la segunda semana del mes de octubre en ambos lotes (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tratamientos establecidos en el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019.

Tratamiento	Descripción de tratamientos	Periodo de ejecución
T1	Poda de fructificación en árboles ubicados en terrenos sin pendiente.	Segunda semana del mes de octubre del 2018
T2	Árboles sin poda de fructificación ubicados en terrenos sin pendiente.	Segunda semana del mes de octubre del 2018
T3	Poda de fructificación en árboles ubicados en terrenos con pendiente.	Segunda semana del mes de octubre del 2018
T4	Árboles sin poda de fructificación ubicados en terrenos sin pendiente.	Segunda semana del mes de octubre del 2018

El tipo de poda que se utilizó para los tratamientos con poda fue la de fructificación de ventana, cuyo propósito es obtener un mejor ingreso de la luz al árbol y por ende mayores producciones, en este tipo de poda se cortan ramas a diferentes alturas (Figura 5) (Sánchez 2005). Esta poda se realizó mediante sierra de mano y cuchillo y la forma de realizarla se hizo a criterio de los propietarios de la finca.

3.5.1 Factor estrato

En el estudio se implementó dentro de cada tratamiento de cada lote experimental la división por estratos (alto, medio y bajo) de cada árbol, como se observa en la Figura 11, con el objetivo representar en la mayor medida de lo posible una similitud de evaluar todo el árbol (tiende hacer muy tedioso).

Aprovechando que se tenía el árbol dividido espacialmente, se tomó la decisión de conocer que parte del árbol se da una mayor formación de brotes, flores y frutos cuajados y una mayor producción de fruto a cosecha. Según la literatura (Hernández *et al.* 2003) se ha caracterizado divisiones espaciales en los árboles de limón Mesina para determinar cuál sector del árbol es más productivo.

Para la evaluación de las variables en estudio se tomaron seis ramas de tres estratos del árbol (A: alto, B: medio y C: bajo), dos por estrato. La división de estratos consistió en realizar una medición visual donde se dividió lo más similar posible cada estrato de cada uno de los árboles evaluados. (Figura 11).



Figura 11. Representación de estratos del árbol de limón Mesina, a los cuales se le marcó las ramas, para la evaluación de las variables de número de brotes, número de flores, número de frutos cuajados, número de frutos cosechados y diámetro de fruto en el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019.

Fuente: Hernández *et al.* 2003

3.6 Variables de respuesta estudiadas

Se midió y se contabilizó en las dos ramas de cada estrato el número de brotes, número de flores, número de frutos cuajados, número frutos a cosecha y diámetro de fruto en cada unidad experimental asignadas a cada tratamiento de cada lote.

Se efectuó estadísticamente a nivel general (modelo completo) comparaciones entre lotes, entre estratos, entre tratamientos y entre las interacciones de estos, así como comparaciones a lo interno de los lotes (modelo simplificado) entre estratos, entre tratamientos y la interacción entre ellos (Cuadro 3).

Para el caso de la evaluación de la variable número de brotes solo se realizó una medición en el estudio (primera evaluación (F1)), por su parte para la evaluación del número de flores, número de frutos cuajados, número de fruto a cosecha y diámetro de fruto se realizó dos mediciones (primera y segunda evaluación (F1 y F2 respectivamente)).

Se debe tener en consideración que la segunda evaluación de las variables estudiadas comenzó el mismo día que se evaluó la etapa cuaje de la primera evaluación. Ósea el día que se evaluó cuaje en la primera evaluación de las variables estudiadas se realizó simultáneamente la medición de floración en la segunda medición.

Cuadro 3. Variables evaluadas, procedimiento seguido, fase y etapa productiva y frecuencia de observación durante el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019.

Variable	Procedimiento/ Medición	Fase y etapa productiva	Frecuencia	Periodo
Número de brotes	Del árbol se seleccionaron dos ramas de cada estrato, esas ramas fueron vigorosas y con una buena cantidad de hojas. En cada estrato del árbol se contabilizó el total de brotes.	Fase Vegetativa	Se realizó una medición.	La medición se realizó en octubre del 2018 tanto en el lote sin pendiente (cuarta semana) como en el con pendiente (quinta semana).
Número de flores	De las dos ramas seleccionadas en cada estrato del árbol se cuantificó el total de flores formadas por estrato.	Etapa de floración	Se realizó dos mediciones (F-1*, F-2**).	La primera medición se realizó en octubre del 2018 en lote sin pendiente (cuarta semana) y por su parte en el lote con pendiente se llevó a cabo en noviembre del 2018 (primera semana). La segunda medición se realizó en el mes de noviembre del 2018 (tercera semana) en el lote sin pendiente, por su parte en el lote con pendiente se realizó en diciembre del 2018 (primera semana).

Número de frutos cuajados	Se realizó conteo de los frutos cuajados en las dos ramas marcadas o identificadas por estrato, donde se obtuvo un total de frutos cuajados por estrato.	Etapas de fructificación.	Se realizó dos mediciones (F-1*, F-2**).	La primera medición se realizó en noviembre del 2018 (tercera semana) en el lote sin pendiente, por su parte en el lote con pendiente se realizó en diciembre del 2018 (en la primera semana). En el caso de la segunda medición se llevó a cabo en diciembre del 2018 (tercera semana) tanto en los lotes con y sin pendiente.
Número de frutos a cosecha	En las ramas identificadas en cada estrato del árbol se obtuvo un acumulado de frutos cosechados por rama.	Etapas de fructificación	Se realizó dos mediciones (F-1*, F-2**).	La primera medición se llevó a cabo en diciembre del 2018 en el lote sin pendiente (cuarta semana), por su parte en el lote con pendiente se realizó en enero del 2019 (primera semana). La segunda medición se llevó a cabo en enero del 2019 (tercera semana) tanto en los lotes con y sin pendiente.

Diámetro de fruto	Se midió el diámetro de los frutos cosechados de las ramas identificadas en cada estrato del árbol. Se obtuvo el diámetro de cada fruto (con un vernier digital) recolectado por cada tratamiento en cada uno de los lotes evaluados.	Etapa postcosecha	Se realizó dos mediciones (F-1*, F-2**).	La primera medición se llevó a cabo en diciembre del 2018 en el lote sin pendiente (cuarta semana), por su parte en el lote con pendiente se realizó en enero del 2019 (primera semana). La segunda medición se llevó a cabo en enero del 2019 (tercera semana) tanto en los lotes con y sin pendiente.
-------------------	---	-------------------	--	---

*(F-1): Primera evaluación.

** (F-2): Segunda evaluación.

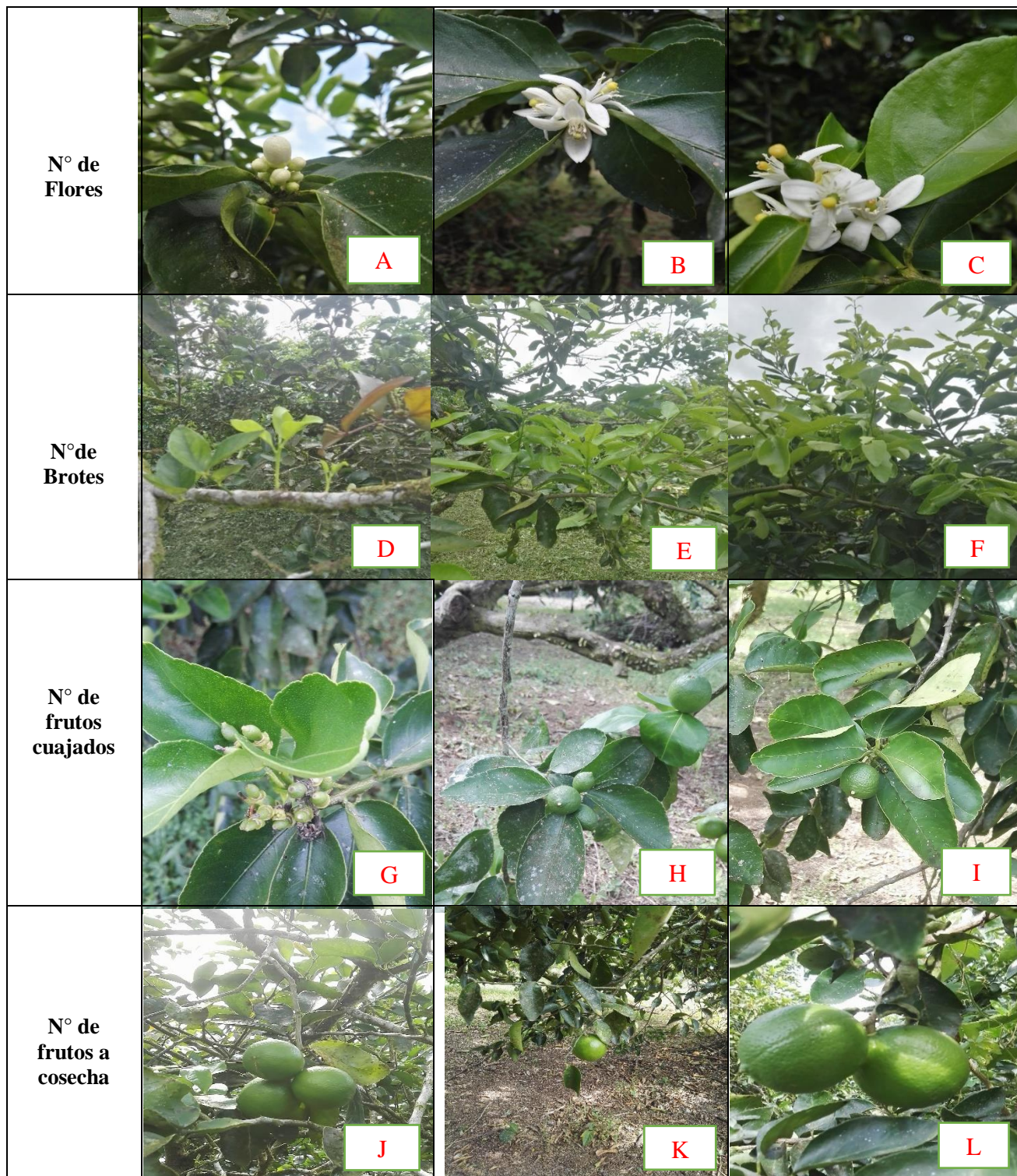


Figura 12. Fases de crecimiento y desarrollo en el ciclo de producción del limón Mesina (*C. latifolia* Tan.); A) Botón Floral; B) Flor abierta; C) Flor con cabeza de fosforo; D) Brote pequeño; E) y F) Brotes grandes; G), H) y I) Canicas; J), K) y L) Fruto maduro; en el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019.

Hay que considerar que a la hora de explicar el comportamiento de los resultados obtenidos en el estudio con base a las condiciones nutricionales del suelo (fósforo y acidez extraíble) y condiciones meteorológicas (precipitación, temperatura (grados día)) prevalecientes en la finca en el momento del estudio, se procedió a interpretarlos con respecto al manejo llevado en finca y con recomendaciones de los encargados a nivel de campo (por ejemplo cuantos días abarcar después de las poda, con relación a las gráficas realizadas (figuras 14-15), estas sobre precipitación y grados día).

3.7 Diseño experimental y arreglo de tratamientos

Se utilizó un diseño experimental de Bloques Generalizado con arreglo factorial, con 10 repeticiones por tratamiento, para un total de 20 unidades de muestreo por lote. El factor lote estuvo determinado por los lotes con y sin pendiente, el factor tratamiento por la poda y no poda y el factor estrato por los estratos alto, medio y bajo del árbol.

El modelo estadístico (a nivel general) fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + E_j + FB_k + \beta_i E_j + \beta_i FB_j + E_j FB_k + \beta_i E_j FB_k + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ijk} : es la variable de respuesta correspondiente al ij -ésimo tratamiento.

μ : la media general.

β_i : el efecto de i -ésimo factor lote (con y sin pendiente)

E_j : el efecto de j -ésimo factor estrato (alto, medio, bajo)

FB_j : el efecto de j -ésimo factor tratamiento (con poda y sin poda).

$\beta_i E_j$: es la interacción factor lote-factor estrato.

$\beta_i FB_j$: es la interacción factor lote-factor tratamiento.

$E_j FB_j$: es la interacción factor estrato- factor tratamiento

$\beta_i E_j FB_j$: es la interacción factor lote-factor estrato- factor tratamiento

ε_{ij} : el error experimental.

Sin embargo, se eliminó el factor lote para observar el efecto de los factores a lo interno de cada lote (modelo simplificado). El nuevo modelo a analizar fue:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + FB_j + \beta_i FB_j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} : es la variable de respuesta correspondiente al ij -ésimo tratamiento.

μ : la media general.

β_i : el efecto de i -ésimo factor estrato (alto, medio, bajo)

FB_j : el efecto de j -ésimo factor tratamiento (con poda y sin poda).

$\beta_i FB_j$: es la interacción factor estrato- factor tratamiento.

ε_{ij} : el error experimental.

3.7.1 Croquis y especificación de los tratamientos



Figura 13. Croquis con su respectiva representación de las unidades experimentales y tratamientos, asignados al azar, en el área experimental de los lotes con y sin pendiente en el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019.

3.8 Análisis estadístico

Se utilizó la técnica de Modelos Lineales Mixtos y Generales (MLMix), con corrección de heterocedasticidad. Cuando se encontró diferencias significativas se aplicó la Prueba DI Rienzo, Guzmán y Casanoves (DGC), con un nivel de significancia de 0,05. Todos los análisis se efectuaron con el programa estadístico InfoStat/P 2018 (Di Rienzo *et al.* 2018).

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentarán los resultados obtenidos en el estudio tanto a nivel general (modelo completo) como a lo interno de cada uno de los lotes evaluados (modelo simplificado).

4.1 Nivel de significancia de los factores a nivel general y a lo interno de los lotes experimentales en relación con las variables de formación y producción del limón Mesina.

En el Cuadro 4 se muestran las estadísticas univariadas de número de brotes, número de flores, número de frutos cuajados, número de frutos a cosecha, las cuales fueron evaluadas a nivel general respecto al lote (con y sin pendiente), estrato (alto, medio y bajo), factor tratamiento (con poda y sin poda) y la interacción de éstos.

Para el caso de la variable números de brotes se evaluó en una oportunidad (primera evaluación) y para las demás variables estudiadas se evaluó en dos oportunidades (primera y segunda evaluación).

En este Cuadro 4 se observa el nivel de significancia a nivel general de cada factor respecto a cada variable experimental. Se determinó en la primera evaluación (F1) que estadísticamente el factor lote es significativo respecto al número de brotes ($p=0,0001$), número de flores ($p=0,0001$), número de frutos cuajados ($p=0,0001$) y número de frutos a cosecha ($p=0,0001$).

Para el caso del factor estrato este fue estadísticamente significativo a nivel de brotes ($p=0,0001$), no así a nivel de número de flores, número de frutos cuajados y número de frutos a cosecha.

Con relación al factor tratamiento (con poda y sin poda) se presentó que es estadísticamente significativo con relación al número de flores, número de frutos cuajados y número de frutos a cosecha.

Para la segunda evaluación los factores (lote, estrato, tratamiento y la interacción de estos) no mostraron estadísticamente ser significativos sobre las variables del estudio.

Cuadro 4. Significancia a nivel general de los factores con relación a las variables evaluadas (número de brotes, número de flores, número de frutos cuajados, número de frutos a cosecha) en el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019.

Variable	Factor	P-Valor (F-1)*	P-Valor (F-2)**
N° brotes	Lote	< 0,0001	-----
	Estrato	0,0001	-----
	Tratamiento (con poda y sin poda)	0,6310	-----
	Lote*Tratamiento	0,3990	-----
	Lote*Estrato	0,3675	-----
	Tratamiento*Estrato	0,4107	-----
	Lote*Tratamiento*Estrato	0,2601	-----
N° flores	Lote	< 0, 0001	0,0059
	Estrato	0,1958	0,2085
	Tratamiento (con poda y sin poda)	0,0010	0,5979
	Lote*tratamiento	0,3064	0,1706
	Lote*Estrato	0,1549	0,2451
	Tratamiento*Estrato	0,1102	0,1798
	Lote*Tratamiento*Estrato	0,0799	0,8937
N° de frutos cuajados	Lote	< 0,0001	0,0142
	Estrato	0,4091	0,7103
	Tratamiento (con poda y sin poda)	0,0014	0,7306
	Lote*Tratamiento	0,5802	0,9872
	Lote*Estrato	0,1353	0,8090
	Tratamiento*Estrato	0,5303	0,2468
	Lote*Tratamiento*Estrato	0,4864	0,4080
N° de frutos a cosecha	Lote	< 0,0001	0, 0230
	Estrato	0,5818	0,7654
	Tratamiento (con poda y sin poda)	0,0033	0,8606
	Lote*Tratamiento	0,4723	0,9795
	Lote*Estrato	0,8131	0,3084
	Tratamiento*Estrato	0,9170	0,2371
	Lote*Tratamiento*Estrato	0,1360	0,3101

*(F-1): Primera evaluación.

** (F-2): Segunda evaluación.

En el Cuadro 5 se observa el nivel de significancia de cada factor (estrato, tratamiento e interacción) para cada variable del estudio en la primera y segunda evaluación, a lo interno de cada lote. Para el caso del número de brotes solo se realizó una medición (primera evaluación).

En la primera evaluación de las variables estudiadas en relación con el número de brotes se presentó que estadísticamente el factor estrato es significativo a lo interno de los lotes sin pendiente ($p= 0,0089$) y con pendiente ($p= 0,0276$).

Con respecto al número de flores se presentó estadísticamente que la interacción tratamiento-estrato es significativa en la primera evaluación del lote sin pendiente ($p= 0,0399$) al igual que el factor tratamiento en la primera evaluación del lote con pendiente ($p= 0,0022$).

El factor tratamiento estadísticamente fue significativo con relación con el número de frutos cuajados en la primera evaluación del lote con pendiente ($p=0,0024$) al igual que en número de frutos a cosecha ($p= 0,0088$).

Durante la segunda evaluación tanto en el lote con pendiente como en el lote sin pendiente los factores no fueron estadísticamente significativos a nivel de cada variable.

Cuadro 5. Nivel de significancia de los factores con relación a las variables estudiadas (número de brotes, número de flores, número de frutos cuajados, número de frutas a cosecha) a lo interno de los lotes con y sin pendiente en el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019.

Variable	Factor	Lote 1		Lote 2	
		P-Valor (F-1)*	P-Valor (F-2)**	P-Valor (F-1)*	P-Valor (F-2)**
N° de brotes	Estrato	0,0089	-----	0,0276	-----
	Tratamiento	0,9608	-----	0,8061	-----
	Tratamiento*Estrato	0,4931	-----	0,2227	-----
N° de flores	Estrato	0,2678	0,1639	0,0722	0,6103
	Tratamiento	0,2787	0,3160	0,0022	0,7701
	Tratamiento*Estrato	0,0399	0,8379	0,2537	0,1686

	Estrato	0,7627	0,9797	0,3888	0,7771
N° de frutos cuajados	Tratamiento	0,4308	0,8693	0,0024	0,5625
	Tratamiento*Estrato	0,2981	0,6102	0,4205	0,2087
	Estrato	0,1940	0,9432	0,3738	0,7684
N° de frutos a cosecha	Tratamiento	0,1897	0,4878	0,0088	>0,9999
	Tratamiento*Estrato	0,3327	0,5496	0,8027	0,1020

*(F-1): Primera evaluación.

***(F-2): Segunda evaluación.

4.2 Efecto del lote y tratamiento sobre la formación de brotes y flores según el estrato del árbol de limón Mesina.

Se observa en el Cuadro 6 la única interacción que mostró ser estadísticamente significativa en el estudio (modelo completo), donde a lo interno del lote sin pendiente los estratos medio y bajo de los árboles que se le aplicó poda presentaron diferencias significativas con el estrato bajo respecto a los que no se le aplicó poda. En este caso los árboles podados en el estrato medio y bajo presentaron significativamente una mayor formación de flores en relación con el estrato bajo de los árboles no podados.

Lo anterior puede ser apoyado con lo mencionado por García *et al.* (2007) donde indican que las ramas horizontales (estrato medio y bajo del árbol) en los árboles de cítricos son las ramas dedicadas a formación y producción y que las ramas verticales (estrato alto) más que todo funcionan como guías del árbol.

Es importante recalcar que el estrato medio y alto sin poda y el estrato alto con poda no presentaron diferencias respecto a los estratos medio y bajo con poda a una significancia del 0.05%, pero hay que considerar que desde el punto de vista unitario (en una mayor cantidad de árboles o una área mayor) los estratos medio y bajo con poda según las medias observadas en el Cuadro 6 (las cuales fueron mayores en relación a las demás), podrían representar económicamente diferencias importantes que beneficiarían al productor.

Cuadro 6. Efecto de la interacción tratamiento*estrato en la formación de flores a lo interno del lote sin pendiente (primera evaluación) en el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019.

Estrato	Con poda Flores	Sin poda Flores
Alto	2,56 ± 1,41 ^{A B}	4,00 ± 1,07 ^{A B}
Medio	10,30 ± 3,83 ^A	4,89 ± 1,75 ^{A B}
Bajo	8,40 ± 2,46 ^A	2,22 ± 0,83 ^B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Se observa en el Cuadro 7 a nivel general la existencia de diferencias significativas entre estratos, específicamente en el estrato alto existió una mayor formación de brotes en relación con los estratos medio y bajo.

Lo anterior se explica según lo indicado por García *et al.* (2007) y INTA (2008) quienes mencionan que en las ramas verticales (partes altas) es donde frecuentan presentarse los chupones (ramas vigorosas) ya desarrollados del árbol, los cuales por lo general dan formación a una gran cantidad de follaje, en estas ramas tiende a existir una mayor circulación de fluidos de savia provocando así que en la parte alta del árbol se presente una mayor formación de brotes.

Lo anterior puede ocurrir según Medina *et al.* (2004) porque cuando se realiza poda el árbol tiende a recuperar el equilibrio de la relación brotes/raíz lo cual ocasiona que se dé la absorción de savia, ésta se distribuirá mayoritariamente en las partes verticales del árbol, ocasionando la formación de los brotes necesarios para restaurar la relación.

Cuadro 7. Efecto del estrato a nivel general sobre la formación de brotes (primera evaluación) en el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019.

Estrato	Brotes
Alto	31,09 ± 1,26 ^A
Medio	28,03 ± 1,19 ^B
Bajo	26,15 ± 0,80 ^B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

El Cuadro 8 de igual manera que el cuadro anterior, muestra la existencia de diferencias significativas entre estratos. Específicamente en el estrato alto del árbol

en el lote sin pendiente existió una mayor producción de brotes en relación con el estrato bajo, por su parte en el lote con pendiente existió una mayor producción de brotes en el estrato alto en relación con estratos medios y bajos (García *et al.* 2007; INTA 2008; Medina *et al.* 2004).

Cuadro 8. Efecto del estrato sobre la formación de brotes a lo interno de los lotes con y sin pendiente (primera evaluación) en el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019.

Estrato	Sin pendiente Brotos	Con pendiente Brotos
Alto	36,63 ± 2,07 ^A	25,55 ± 1,45 ^A
Medio	32,75 ± 2,13 ^{A B}	23,30 ± 1,06 ^B
Bajo	29,45 ± 1,30 ^B	22,85 ± 0,94 ^B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

4.2.1 Efecto del fósforo y la acidez extraíble presentes en los lotes experimentales sobre las variables de formación y producción.

Respecto al dato del macroelemento fósforo (P) obtenido en el análisis de suelo (**Anexo 1**), en lote sin pendiente el fósforo presente en el suelo fue de P= 19,69 mg/l (fósforo óptimo) el cual fue mayor que en el lote con pendiente donde fue de P=10, 24 mg/l (fósforo bajo).

Cabe la posibilidad que la poca disponibilidad de este elemento en el suelo del lote con pendiente influyera en los resultados obtenidos (Cuadro 9) (donde en este lote presentó una menor brotación, floración cuaje y producción de fruta que el lote sin pendiente), resultado similar obtuvo DANE (2016) quien menciona en su estudio que asimilaciones bajas de este nutriente en los árboles de naranja valencia (*C. sinensis*) provocó una floración reducida.

A su vez Rahman (2010) indica en su estudio sobre el cultivo de palma aceitera (*Elaeis Guineensis* Jacq) que la deficiencia del macroelemento fósforo indujo a un crecimiento retardado y proporciones más bajas de brotes/raíces así como la producción baja de frutos. Por su parte concentraciones normales de fósforo según Sánchez (2005) estimula la formación de raíces y una buena floración, se acumula en los tejidos activos, en los meristemas y en los frutos.

Con relación a la acidez extraíble esta fue alta para el caso del lote con pendiente (1,40 cmol(+)/l) y baja para el caso del lote sin pendiente (0,25 cmol(+)/l) (**Anexo 1**). La acidez alta presente en el lote con pendiente es posible justificarla por lo mencionado por Zavala *et al.* (2014) los cuales indicaron en su estudio de plantaciones de cítricos, que en el lomerío ligeramente inclinado de la terraza 2 tendió a formarse suelos Acrisoles y Cambisoles con horizonte Ap más delgado, los cuales son ligeramente más ácidos, esto porque presenta muy pocas bases intercambiables en el suelo.

Lo anterior pone como una posibilidad que la acidez haya influido en la absorción del elemento fósforo en el lote con pendiente, ya que Zavala *et al.* (2014) menciona que la acidez disminuye la disponibilidad de elementos como el N, P, K, Ca, Mg, Cu y Zn en el suelo, lo cual los vuelve menos fértiles y los árboles llegan a presentar deficiencias.

A su vez Pérez (2013) indica que suelos ácidos provocan un aumento de aluminio provocando toxicidades a las raíces de las plantas, esto rompe la relación brote-raíz provocando problemas a nivel de la productividad de las árboles de limón Mesina (Medina *et al.* 2004).

4.2.2 Efectividad por etapa de formación y de producción del limón Mesina según la topografía del lote experimental.

Se observa en el Cuadro 9 diferencias significativas a nivel general entre lotes en relación con las variables evaluadas, donde se obtuvo que el lote sin pendiente en la primera evaluación presentó una mayor formación de número de brotes, número de flores, número de frutos cuajados y una mayor producción de número de frutos a cosecha en relación con el lote con pendiente.

De igual forma en la segunda evaluación se presentó una mayor formación de número de flores, número de frutos cuajados y una mayor producción de número de frutos a cosecha en el lote sin pendiente en comparación al lote con pendiente.

En el estudio respecto a la floración, en el lote sin pendiente se formó un total 398 flores en la primera evaluación, por su parte en este mismo lote en la segunda evaluación se formó un total de 158 flores. En el caso del lote con pendiente en la primera evaluación se formó un total de 107 flores y en la segunda evaluación un total de 17 flores. Entonces es posible indicar que en la segunda evaluación de la floración se presentó unitariamente una menor cantidad de flor que en la primera evaluación en ambos lotes evaluados.

Tomando en consideración el porcentaje de efectividad de cada etapa productiva evaluada en el Cuadro 9 (respecto a las medias), se observa que de las flores producidas en la primera evaluación del lote sin pendiente aproximadamente el 52,79 % de las flores cuajaron y de estos frutos cuajados aproximadamente el 63,38% llegó a formarse como fruto maduro. Por su parte en el caso del lote con pendiente en la primera evaluación aproximadamente el 38,20% de las flores cuajaron y de esos frutos cuajados aproximadamente el 91,17% llegó a formarse como fruto a cosecha.

Para el caso de la segunda evaluación, se observa que de las flores producidas en el lote sin pendiente aproximadamente llegaron a cuajar 22,81 % y de esos frutos cuajados aproximadamente el 58,33% llegó a formarse para fruto a cosecha. Por su parte el cuaje para el lote con pendiente fue aproximadamente de 35,71% de las flores producidas y de ese cuaje aproximadamente el 70% llegó a formar fruto para cosecha.

Entonces es posible indicar que en los lotes con y sin pendiente de la primera evaluación se dio un mayor porcentaje de efectividad de una a otra etapa productiva (de floración a cuaje, de cuaje a fruto cosecha) que en los lotes con y sin pendiente en la segunda evaluación.

Por tal razón es recomendable en esta primera evaluación de las variables estudiadas dedicarse a obtener mejoras en el sistema de producción que ayude a inducir la floración y fortalecer cada una de las etapas productivas del cultivo. Por ejemplo algunas de esas mejoras podría ser las indicadas por Almaguer *et al.* (2011)

en su estudio donde evaluaron el tratamiento (poda + urea foliar + fertilizante foliar) aplicado en árboles de limón persa (*C. latifolia* Tan.), donde reportaron que esta combinación puede llevar a una mayor producción de fruta fresca, ya que aumentó la formación de flores.

A su vez Ambriz *et al.* (2017) en su estudio indican que actividades de manejo como la poda, aplicación de urea y anillado, promovió la brotación de las flores en lima persa (*C. latifolia* Tan.) y estas mismas actividades fortalecieron la calidad del fruto producido en invierno. Por su parte Contreras (2011) indica en su estudio, que la poda en limón persa (*C. latifolia* Tan.) produjo un incremento en la producción de fruta fresca y que con la poda combinada con fertilización se logró incrementar la producción invernal.

Cuadro 9. Efecto del lote a nivel general sobre la formación de número de brotes, número flores, número de frutos cuajados y producción de fruto cosecha en la primera y segunda evaluación en el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019.

Variable	Lote 1 (F-1)*	Lote 2 (F-1)*	Lote 1 (F-2)**	Lote 2 (F-2)**
Nº de brotes	32,94 ± 1,08 ^A	23,90 ± 0,68 ^B	-----	-----
Nº de flores	5,38 ± 0,88 ^A	1,78 ± 0,61 ^B	2,63 ± 0,93 ^A	0,28 ± 0,15 ^B
Nº de frutos cuajados	2,84 ± 0,49 ^A	0,68 ± 0,19 ^B	0,60 ± 0,23 ^A	0,10 ± 0,05 ^B
Nº de fruto a cosecha	1,80 ± 0,30 ^A	0,62 ± 0,19 ^B	0,35 ± 0,12 ^A	0,07 ± 0,03 ^B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

*(F-1): Primera evaluación.

** (F-2): Segunda evaluación.

4.2.3 Comportamiento de la formación y producción de fruta de limón Mesina por influencia de los grados día acumulados y la precipitación post-poda.

Se tomó en consideración que las condiciones meteorológicas (temperatura (grados día), precipitación) obtenidas por el Instituto meteorológico nacional (IMN) y las condiciones nutricionales (análisis de suelo) específicamente la evaluación del macroelemento fósforo y la acidez extraíble, se utilizaron en el estudio para explicar el comportamiento de los resultados, reforzándose con la literatura (ya que

estadísticamente no fue posible demostrar si efectivamente beneficiaron o afectaron en las variables estudiadas).

Se puede apreciar en la Figura 14 para cada una de las variables evaluadas (brotación, floración, cuaje y fruto a cosecha), que los grados día acumulados fueron unitariamente menores en el lote plano con relación al lote con pendiente (aunque estadísticamente no fue posible demostrarlo) en la primera evaluación.

Con relación a la evaluación de grados día acumulados desde el día de la poda hasta la etapa de floración, en el lote sin pendiente se presentó menos grados día acumulados (244,55) que en el lote con pendiente (287,3).

En el estudio, en el lote sin pendiente se formaron un total de 398 flores y en el lote con pendiente un total 107 flores, entonces si en lote con pendiente se formaron 107 flores con 244,55 grados día acumulados, para que este llegue a formar las 398 flores del lote sin pendiente hipotéticamente tendría que tener un acumulado de grados día de aproximadamente 1069.

De igual forma en la evaluación de los grados día acumulados desde el día de la poda hasta la etapa de cuaje, el lote sin pendiente presentó menos grados día acumulados (615,55) que en el lote con pendiente (671,85).

En el lote sin pendiente en el estudio se formó un total de 223 frutos cuajados por su parte en el lote con pendiente se formó un total de 59 frutos cuajados, entonces si en lote con pendiente se formaron 59 frutos cuajados con 671,85 grados día acumulados, para que este pueda formar los 223 frutos cuajados del lote sin pendiente tendría que tener hipotéticamente un acumulado de grados día de aproximadamente 2539.

Por su parte en la evaluación de los grados día acumulados desde el día de la poda hasta la etapa de fruto a cosecha, de igual forma que en la etapa de cuaje, el lote sin pendiente presentó menos grados día acumulados (1028,85) que en el lote con pendiente (1061,55).

En el lote sin pendiente en el estudio se formó un total de 133 frutos a cosecha por su parte en el lote con pendiente se formó un total de 37 frutos a cosecha, entonces si en el lote con pendiente se formaron 37 frutos cuajados con 1061,55 grados día acumulados, para que este llegue a formar los 133 frutos a cosecha del lote sin pendiente tendría que tener hipotéticamente un acumulado de grados día de aproximadamente 3816.

Se recalca de lo anterior que conforme se ingresó a otra etapa productiva del árbol de limón Mesina la cantidad de grados día acumulados que hipotéticamente necesitaría el lote con pendiente para producir lo mismo que el lote sin pendiente aumentó cada vez más (de 1609 (etapa de flor) a 2539 (etapa de cuaje) y de 2539 a 3816 (etapa de fruto a cosecha)).

Se debe considerar que se coloca como una posibilidad que por necesidad de una mayor demanda energética (grados día acumulados) por los árboles de limón Mesina en el lote con pendiente se presentará menor formación y producción de las variables evaluadas en el lote con pendiente (aunque estadísticamente no fue posible demostrarlo), ya que Méndez (2015) indica que los grados día acumulados muestra la demanda energética necesaria para pasar de una etapa de crecimiento a otra.

También se debe tener en consideración que no necesariamente fue la falta de una mayor acumulación de grados día en el lote con pendiente que provocó una menor formación de brotes, flores y frutos cuajados y una menor producción de frutos a cosecha, ya que pudo existir algún otro tipo de factor a lo interno del lote con pendiente que afectase en la producción de frutos cosechados y que por más grados día acumulados que tuviese disponible el árbol no llegará a producir similar o más que el lote sin pendiente.

Colocando como una opción de que fueran otros factores que influyeron en los resultados obtenidos se podría planificar en el lote con pendiente prácticas de manejo antes de entrar en cada etapa productiva, para así lograr resolver los problemas (por ejemplo deficiencias nutricionales en el árbol) que podrían estarse

presentando y que no permiten que este lote tenga un comportamiento similar o mejor que el lote plano, a nivel de formación y producción de las variables evaluadas (Ambriz *et al.* 2017; Contreras 2011).

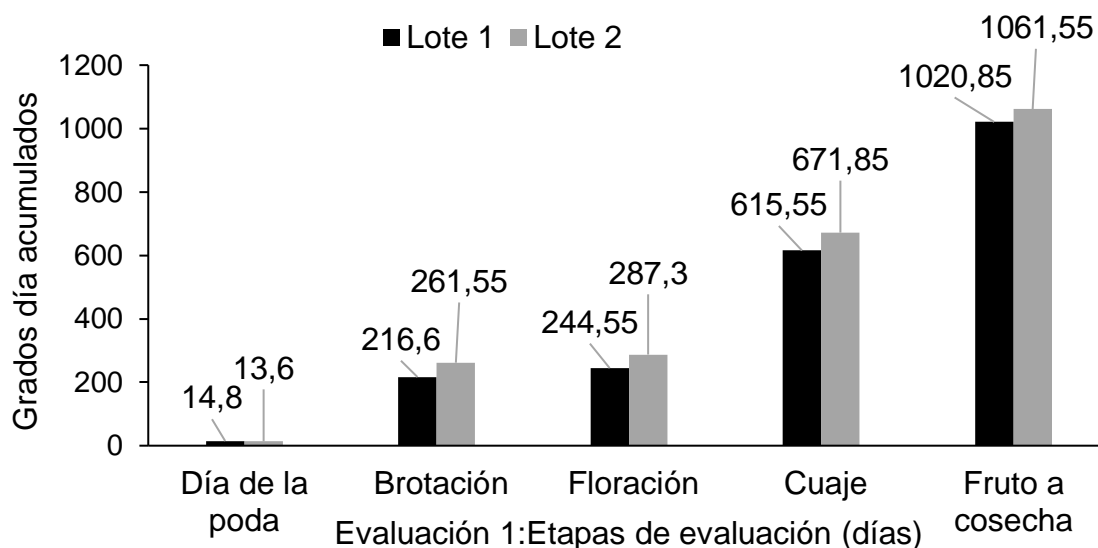


Figura 14. Grados día acumulados en los lotes con y sin pendiente; día de la poda (día 0), brotación (Lote 1: 15 días después de la poda; Lote 2: 22 días después de la poda), floración (Lote 1: 17 días después de la poda; Lote 2: 24 días después de la poda), cuaje (Lote1: 45 días después de la poda; Lote 2: 54 días después de la poda) y fruto a cosecha (Lote1: 80 días después de la poda; Lote 2: 87 días después de la poda) en la primera evaluación en el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019.

Se logra apreciar en la Figura 15 en la primera evaluación que respecto al día de poda (día 0), cinco y diez días después de la poda y hasta la etapa de floración, unitariamente existió una mayor precipitación acumulada en el lote con pendiente, que en el lote sin pendiente.

Según Areosa (2012) uno de los factores inductivos principales en clima tropicales para que se dé la floración es el estrés hídrico, ocasionado por la poca precipitación.

En el estudio hay que considerar tanto en el lote sin pendiente como el lote con pendiente que los árboles pudieron haber sido influenciados por algún tipo de estrés

hasta la etapa de floración y así inducir floración, esto ya que Rebolledo (2012) en su estudio indicó que específicamente en los árboles de limón y lima se obtuvo que a los 18 días se presentó un periodo de estrés con aproximadamente 5 mm/día.

Se observa en la Figura 15 que la precipitación acumulada hasta etapa de floración en el lote sin pendiente fue de 84,6 l/m² por su parte la precipitación acumulada de lote con pendiente fue de 124, 1 l/m².

Dividiendo las precipitaciones del párrafo anterior por el día de evaluación de la floración (17 días para el caso del lote sin pendiente y 24 días para el caso del lote con pendiente) se obtendría un promedio de 4,97 l/m² por día para el caso del lote sin pendiente y 5,17 l/m² por día para el lote con pendiente, en ambos casos se podría estar generando un estrés según lo mencionado por Rebolledo (2012).

Pero hay que considerar que el día de la poda y cinco días después de la poda (9 l/m² y un promedio de 7,56 l/m² respectivamente) en el lote con pendiente se presentó una precipitación por día más alta que la mencionada en la literatura, la cual fue considerada estresante para el cultivo (aproximadamente 5 l/m² por día). Lo anterior podría haber influido que en el lote con pendiente se presentara menor inducción de flor que en el lote sin pendiente, ya que prácticamente no fue sometido a un estrés por poca precipitación desde el inicio de la poda.

Lo contrario ocurrió en el lote sin pendiente, donde el día de la poda la precipitación fue de 1 l/m² y cinco días después de la poda el promedio fue de 2,84 l/m² por día, ocasionando según la literatura, que este lote posiblemente haya presentado estrés desde el inicio de la poda y por ende este estrés pudiera haber influido en una mayor inducción de flor.

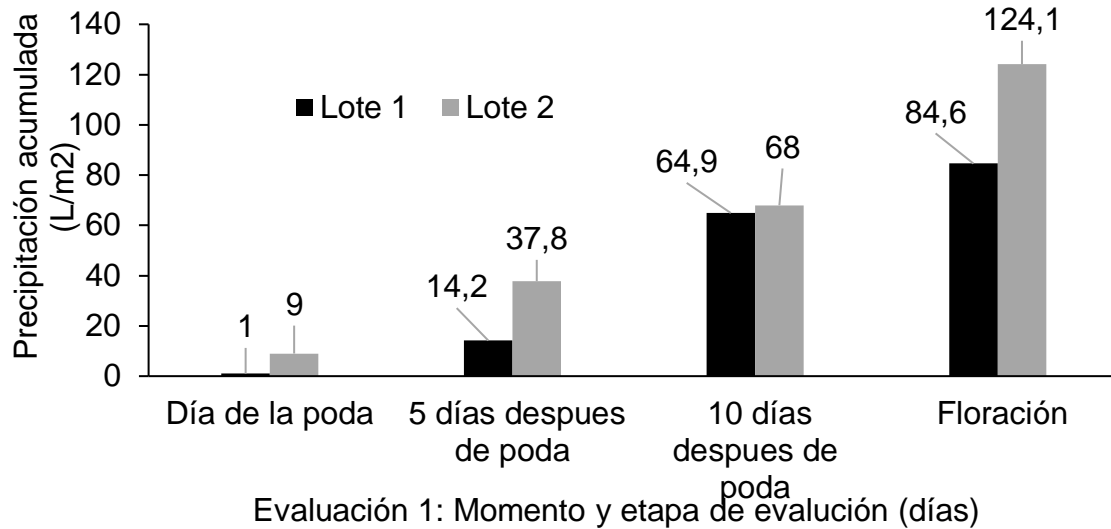


Figura 15. Precipitación acumulada en el lote con y sin pendiente, día de la poda (día 0), 5 días después de la poda, 10 días después de la poda y floración (Lote 1: 17 días después de la poda; Lote 2: 24 días después de la poda) en la primera evaluación en el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019.

4.2.4 Efecto de la poda sobre las etapas de formación y producción de limón Mesina.

Respecto al número flores, número de frutos cuajados y número de frutos a cosecha en la primera evaluación hubo efecto del factor tratamiento (Cuadro 10), donde los árboles podados presentaron mayor de número flores, mayor número de frutos cuajados y mayor número de frutos a cosecha en relación con árboles no podados.

Según con lo indicado en el párrafo anterior se podría mencionar que la poda de fructificación influyó en la variables evaluadas en el estudio, esto con base en lo mencionado por Ariza *et al.* (2004) quienes indican que la poda de fructificación produjo una mayor formación de brotes nuevos, los cuales formaron parte de la floración y producción en lima mexicana (*C. aurantifolia*), a su vez Ariza *et al.* (2015) dejan claro que la poda promovió tanto la emisión de brotes como la de flores y que la poda y el raleo de los frutos permitieron lograr una mayor resistencia a la plasticidad de los frutos.

Además Micheloud (2012) menciona que el efecto de la poda en naranja dulce (*C. sinensis*) estimuló un mayor porcentaje de yemas brotadas y un mayor desarrollo de ramilletes florales y flores campaneras, con respecto al control. También Ahmad *et al.* (2006) indican que las plantas de mandarina kinnow podadas dieron el mayor número de frutos (610) por planta en comparación con un menor número de frutos (550) por planta en plantaciones no podadas.

Cuadro 10. Efecto de los árboles con y sin poda a nivel general sobre la formación de número de flores, número de frutos cuajados, y producción de fruto a cosecha (primera evaluación) en el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019

Variable	Con poda	Sin poda
N° de flores	4,88 ± 0,99 ^A	2,30 ± 0,40 ^B
N° de frutos cuajados	2,15 ± 0,46 ^A	1,37 ± 0,25 ^B
N° fruto a cosecha	1,43 ± 0,30 ^A	0,98 ± 0,19 ^B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El Cuadro 11 muestra que las variables número flores, número de frutos cuajados y número de frutos a cosecha a lo interno del lote con pendiente en la primera evaluación, presentaron diferencias significativas entre árboles podados y no podados (Ariza *et al.* 2004; Ariza *et al.* 2015; Micheloud 2012; Ahmad *et al.* 2006).

Cuadro 11. Efecto de los árboles con y sin poda sobre la formación de flores, cuaje, y producción de fruto a cosecha a lo interno del lote con pendiente (primera evaluación), en el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019.

Variable	Con poda	Sin poda
N° de flores	2,67 ± 1,18 ^A	0,90 ± 0,31 ^B
N° de frutos cuajados	0,92 ± 0,31 ^A	0,43 ± 0,20 ^B
N° de fruto a cosecha	0,87 ± 0,35 ^A	0,37 ± 0,17 ^B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.2.5 Comportamiento del diámetro de fruto de limón Mesina según topografía del lote cultivado con árboles podados y sin podar.

Según Walmart (2019) dentro de los parámetros organolépticos y físico-químicos se encuentra el calibre del fruto de limón Mesina. En época normal el diámetro

mínimo es de 5 cm y 8 cm de máximo, por su parte el diámetro en época crítica el mínimo es de 4,5 cm y de 8 cm de máximo.

La época de escasez o suplencia baja de fruta de limón Mesina es de los meses de noviembre a abril y de mayo a octubre la de suplencia normal. En el Cuadro 12 se categorizará el diámetro de los frutos en tres secciones: A, B y C para época crítica y D, E y F para época normal.

Se observa en el Cuadro 12 que en época crítica todos los diámetros de los frutos producidos en el estudio entraron en la categoría B (4,5 cm a 8 cm), los cuales cumplieron con el estándar requerido según Walmart (2019) para época crítica. Por su parte en época normal la mayoría de los frutos entraron en categoría D (5 cm a 8 cm) cumpliendo de igual forma con los estándares indicados anteriormente.

Si se compara época crítica con época normal se observa que según las evaluaciones realizadas del diámetro de fruto se tuvo solamente descarte de producto en época normal, aun así, el porcentaje de descarte en época de suplencia normal fue mucho menor de la mitad del total en cada categorización.

En este punto se debe considerar que en época crítica el diámetro de fruto requerido (frutos no menos de 4,5 cm de diámetro) por las empresas es menor que en época normal (frutos no menos de 5 cm de diámetro), porque se tiene que cortar el fruto que haya y en el momento que lo soliciten las empresas, al haber poco en el mercado se debe cortar en el tamaño que esté en el árbol.

Por su parte en época de suplencia normal existe una ventaja, que el fruto si no cumple con el diámetro establecido se puede dejar en él árbol más tiempo, ya que hay fruta de sobra para cortar del tamaño que las empresas solicitan y por ende las pérdidas por descarte se reducen considerablemente.

Cuadro 12. Categorización del diámetro de los frutos en cada tratamiento (poda y no poda) de cada lote experimental (con y sin pendiente) en época crítica y normal de suplencia de limón Mesina, divididos en tres secciones: A: menor a 4, 5 cm; B: de 4, 5 cm a 8 cm; C: mayor a 8 cm, para el caso de época crítica y D: menor a 5 cm; E: de 5 cm a 8 cm; F: mayor a 8 cm, para época de suplencia normal.

Categoría	Con poda (Sin pendiente); Unid.	Sin poda (Sin pendiente); Unid.	Con poda (Con pendiente); Unid.	Sin poda (Con pendiente); Unid.
Época crítica				
A	0	0	0	0
B	85	47	26	11
C	0	0	0	0
Total	85	47	26	11
Época normal				
D	4	8	5	3
E	81	39	21	8
F	0	0	0	0
Total	85	47	26	11

El Cuadro 13 hace mención sobre el diámetro de fruto de limón Mesina en relación con los árboles con y sin poda en ambos lotes evaluados. Se observa que en el lote sin pendiente los árboles podados presentaron diferencias significativas respecto a los árboles no podados de este mismo lote y los árboles podados y no podados del lote con pendiente.

En el Anexo 2 se muestra que existió significancia entre tratamientos, en relación con el diámetro de fruto ($p= 0,0028$), donde los árboles podados del lote sin pendiente presentaron un mayor diámetro de fruto en comparación a los árboles sin podar en el lote sin pendiente y a los árboles con y sin poda en el lote con pendiente.

Este diámetro mayor en el lote sin pendiente en árboles podados se podría explicar con relación al factor nutricional fósforo presente en el suelo en ambos lotes y que según el Anexo 1 el lote sin pendiente tiene una relación de fósforo óptima y

el lote con pendiente una relación baja (aunque significativamente no fue posible demostrarlo).

Suarez (2011) indica que el desarrollo y crecimiento del fruto (diámetro) se ve influenciado por los macroelementos fósforo y nitrógeno, esto porque el 30% de nitrógeno y el 70% de fósforo que se encuentra en la planta de cítricos están específicamente en el fruto. Por su parte Romero *et al.* (2012) encontraron que, tratamientos aplicados en fresa de fertilización mineral con fosforo, presentaron los valores más altos para diámetro ecuatorial y polar.

También considerando la poda influyente en el diámetro del fruto en el lote sin pendiente, Fernández *et al.* (2015) mencionan en su estudio, que la práctica de poda en limón persa (*C. latifolia* Tan.) mejoró la calidad de la fruta tanto en color como tamaño. Por su parte Ghosh (2015) en su estudio se refirió a que los árboles de guayaba con una poda moderada en la época de invierno produjeron frutos con el mayor peso y tamaño.

Cuadro 13. Efecto de los árboles con y sin poda sobre el diámetro de fruto en ambos lotes evaluados (primera evaluación), en el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019

Lote	Con poda	Sin poda
Sin pendiente	5,88 ± 0,06 ^A	5,59 ± 0,09 ^B
Con pendiente	5,52 ± 0,12 ^B	5,38 ± 0,21 ^B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

5 CONCLUSIONES

- 1- A nivel general los árboles podados presentaron mayor formación de flores, frutos cuajados y mayor producción de frutos cosechados que en los árboles sin podar (primera evaluación).
- 2- A lo interno del lote cultivado con pendiente la poda de fructificación propició mayor formación de flores, de frutos cuajados y mayor producción de frutos a cosecha (primera evaluación).
- 3- Los árboles podados a lo interno del lote sin pendiente presentaron frutas con mayor diámetro en comparación a las frutas de los árboles sin podar en el lote sin pendiente y a los árboles con y sin poda en el lote con pendiente.
- 4- La poda generó un estrés inducido, el cual estimuló la floración y posterior fructificación en árboles de limón Mesina cultivados con pendiente.
- 5- Los estratos medio y bajo en árboles podados a lo interno del lote sin pendiente reflejaron unitariamente (medias mayores) ser los más formadores de flor (primera evaluación).
- 6- A nivel general el estrato alto del árbol de limón Mesina presentó una mayor formación de brotes.
- 7- A nivel general el lote plano fue donde se dio una mayor formación de brotes (primera evaluación) y mayor formación de flores, frutos cuajados y producción de frutos cosechados en ambos periodos evaluados.
- 8- Los estratos del árbol de limón Mesina no fueron un indicativo en cuanto a producción, pero la producción dependió del lote que se evaluó (con y sin pendiente) y del tratamiento que se aplicó (con poda y sin poda).

9- RECOMENDACIONES

1. Se debe invertir en el momento donde la floración es mayor (primera evaluación) acompañando a la poda con prácticas nutricionales recomendadas para así lograr aumentar considerablemente la formación y fortaleza de la flor en el árbol.
2. Realizar un estudio de fitosanidad post-floración que permita justificar la reducción de la floración una vez iniciada la etapa del cuaje en árboles de limón Mesina.
3. Sembrar limón Mesina en terrenos planos y si se siembra en terrenos con pendiente se debe implementar prácticas de manejo agronómico para tratar de disminuir los problemas a nivel de suelo (procesos erosivos y nutricionales) que se puedan presentar.

6 BIBLIOGRAFÍA

- Aerosa, M. 2012. Estudio fenológico-reproductivo del limón Inia-Ana Claudia. Tesis Ing. Agrónomo. Montevideo, Uruguay. Universidad de la república. 12-13p
Consultado 11 may 2019. Disponible en <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/9673/1/3789are.pdf>
- Ahmad, S; Ahmad, Z; Nasir, M; Azis, A; Ahmad, N; Rehman, A. 2006. Effect of pruning on the yield and quality of kinnow fruit (en línea). Journal of agricultura & social sciences 2(1):51-53. Consultado 7 abr. 2018. Disponible en http://www.academia.edu/31736729/Effect_of_Pruning_on_the_Yield_and_Quality_of_Kinnow_Fruit
- Almaguer, G; Espinoza, J; Quirós, J. 2011. Desfasamiento de cosecha de limón persa (en línea). Revista Chapingo Serie Horticultura 17(3):197-205. Consultado el 27 may. 2018. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/rcsh/v17n3/v17n3a11.pdf>
- Ambriz, R; Ariza, R; Alia, I; Michel, A; Barrios, A; Avendaño, C. 2017. The effects of girdling and Bio-Stimulants on Persian Lime (*Citrus latifolia Tan.*) Bloom, Production and Quality for Winter (en línea). Global Advanced Research Journal of Agricultural Science 6(8):253-260. Consultado 7 abr. 2018. Disponible en <http://garj.org/full-articles/the-effects-of-girdling-and-bio-stimulants-on-persian-lime-citrus-latifolia-tan-bloom-production-and-quality-for-winter.pdf?view=inline>
- Ariza, R; Cruzaley, R; Vázquez, E; Barrios, A; Alarcón, N. 2004. Efecto de las labores culturales en la producción y calidad del limón mexicano de invierno, Chapingo, México (en línea). Revista Fitotecnia Mexicana 27(1):73-76. Consultado 20 mar. 2018. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/610/61009915.pdf>

- Ariza, R; Barrios, A; Herrera, G; Barbosa, F; Aceves, A; Otero, M; Tejacal, I. 2015. Fitohormonas y bioestimulantes para la floración, producción y calidad de lima mexicana de invierno (en línea). Revista Mexicana de ciencias agrícolas 6(7):1653-1666. Consultado 2 mar. 2018. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v6n7/v6n7a18.pdf>
- Badillo. 2011. "Estudio comparativo del potencial nutritivo del limón persa (*Citrus latifolia* tanaka) deshidratado en secador de bandejas y microondas" (en línea). Tesis Bioquímico Farmacéutico. Riobamba, Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Consultado 2 Mar. 2018. Disponible en <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/1577/1/56T00258.pdf>
- Briceño, L; Navarro, O; Morales, F. 2015. Estudio de prefactibilidad para la producción de limón mesino (*Citrus aurantifolia*) en Acosta y su comercialización en el cenada, Costa Rica (en línea). Revista e-Agronegocios 1(1):1-30. Consultado 25 feb. 2018. Disponible en http://www.academia.edu/27984279/e-Agronegocios_ESTUDIO_DE_PREFACTIBILIDAD_PARA_LA_PRODUCCION_DE_LIMON_MESINO_CITRUS_AURANTIFOLIA
- Cañizares, A; Sanabria, M; Rojas, E. 2007. Anatomía del tallo de lima Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka) (en línea). Revista UDO Agrícola 7 (1): 221-227. Consultado 7 de mar. 2018. Disponible en <http://www.bioline.org.br/pdf?cg07023>
- Contreras, E. 2011. Producción forzada en limón persa (*Citrus latifolia* Tan.) (en línea). Tesis Dr. En Ciencias en Horticultura. Chapingo, México. Universidad Autónoma Chapingo. Consultado 1 feb. 2018. Disponible en <https://chapingo.mx/horticultura/pdf/tesis/TESISDCH2011071306126324.pdf>
- Contreras, E; Almaguer, G; Espinoza, J; Maldonado, R; Álvarez, E. 2008. Distribución radical de árboles de limón persa (*Citrus latifolia* Tan.) (en línea).

Revista Chapingo Serie Horticultura 14(2):223-234. Consultado 3 may. 2018.
Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/rcsh/v14n2/v14n2a17.pdf>

DANE, 2016. El cultivo de la naranja Valencia (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck) y su producción como respuesta a la aplicación de correctivos y fertilizantes y al efecto de la polinización dirigida con abeja *Apis mellifera* (en línea). Boletín mensual de insumos y factores asociados a la producción mundial. 7 p. Consultado el 15 may 2019. Disponible en https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuaria/sipsa/Bol_Insumos_oct_2016.pdf

Díaz, A; Garay, I; Montiel, T; Sánchez, R; Utrera, D; Jiménez, J. 2013. Niveles de poda para incrementar el rendimiento y calidad de fruto del limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka), en Jareros MPIO. Úrsulo Galván, Ver. In Congreso nacional de ciencia y tecnología agropecuaria. Somecta, (2013, Roque, México). Artículo *in extenso*. México: Sociedad mexicana de ciencia y tecnología agropecuaria, A.C e Instituto Tecnológico de Roque. Consultado 25 febr. 2018. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/273448784_Los_maices_criollos_y_su_conservacion_desde_la_perspectiva_de_los_productores

Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, Gonzalez L, Tablada M, Robledo CW. 2017. InfoStat versión 2014. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Doria, V. 2014. Producción de cítricos (en línea). Fundación Educación para el Desarrollo (FAUTAPO). Sucre, Bolivia. 47 p. Consultado 14 mar. 2018. Disponible en http://www.formaciontecnicabolivia.org/webdocs/publicaciones/2015/citricos_web.pdf

- Fernández, G; Aguilar, A; Azzaro, C; Miranda, M; Purroy, R; Pérez, M. 2015. Behavior patterns related to the agricultural practices in the production of Persian lime (*Citrus latifolia* tanaka) in the seasonal orchard (en línea). Computers and Electronics in Agriculture 116: 162-172. Consultado 27 may. 2018. Disponible en https://ac.els-cdn.com/S0168169915001647/1-s2.0-S0168169915001647-main.pdf?tid=8c5eead2-620b-48b4-9de5-f46f453daaeb&acdnat=1527443518_767beede7d42e7d31f72d9dcd68e0cfd
- García, A; Reyes, M; Alfonso, J; Martín, M; 2007. Poda de cítricos (en línea). Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA). Córdoba, España. 124 p. Consultado 15 abr. 2018. Disponible en https://frutales.files.wordpress.com/2011/01/cit-08-poda_citricos_07.pdf
- Ghosh, A. 2015. Effect of pruning and nutrient management on growth and yield of Lemon cv. Assam Lemon (*Citrus limón Burm.*) (en línea). Thesis M.Sc. In Science (Horticulture). Pundibari, India. Uttar Banga Krishi Viswavidyalaya. Consultado 7 abr. 2018. Disponible en <http://krishikosh.egranth.ac.in/bitstream/1/5810013191/1/Arkendu%20Ghosh.pdf>
- González, A. 2011. El cultivo de limón persa (*Citrus latifolia* tanaka) en el estado de Veracruz (en línea). Tesis Lic. En Economía Agrícola y Agronegocios. Buenavista, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Consultado 20 feb. 2018. Disponible en <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5261/T18658%20GONZALEZ%20MARTINEZ,%20AUDOCIO%20MONOG..pdf?sequence=1>
- Hernández, F; Rodríguez, O; Siliézar, C. 2003. “Determinación del tiempo de floración a fruto de limón pérsico (*Citrus latifolia* Tan.) en 3 diferentes pisos

- altitudinales” (en línea). Tesis Ing. Agrónomo. San Salvador, El Salvador, Universidad de el Salvador. Consultado 10 feb. 2018. Disponible en <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1602/1/13100767.pdf>
- INTA, 2008. Poda de frutales (en línea). Estación experimental agropecuaria Alto Valle. Río negro, Argentina. 13 p. Consultado el 15 may 2019. Disponible en <https://frutales.files.wordpress.com/2011/06/g-06-poda-de-frutales.pdf>
- Jiménez, M. 2016. Manejo fitosanitario del “limón Mesina” (*Citrus latifolia* Tan.) Aranjuez, Puntarenas, Costa Rica (en línea). Tesis Lic. En Ing. Agronomía. Heredia, Costa Rica. UNA. Consultado 20 feb. 2018. Disponible en <http://www.repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/13485/Compendio%20Lim%C3%B3n%20Mesino.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Kumar, H; Katiyar, P; Singh, A; Rajkumar, B. 2014. Effect of different pruning severity on growth and yield of ver (*Zizyphus mauritiana Lamk*), cv. Banarsi Karaka (en línea). International Journal of Current Microbiology and Applied Sciencies 3(5):935-940. Consultado 7 abr. 2018. Disponible en <https://www.ijcmas.com/vol-3-5/Harit%20Kumar,%20et%20al.pdf>
- Lakpathi, G; Rajkumar, M; Chandrasekhar, R. 2013. Effect of pruning intensities and fruit load on growth, yield and quality of guava (*Psidium guajava L.*) cv. allahabad safeda under high density planting (en línea). International journal of current research 5(12):4083-4090. Consultado 7 abr. 2018. Disponible en <http://www.gmferd.com/journalcra.com/sites/default/files/Download%204451.pdf>
- Liu, Y; Tao, Y; Wan, K; Zhang, G; Liu, D; Xiong, G; Chen, F. 2012. Runoff and nutrient losses in citrus orchards on sloping land subjected to different Surface mulching practices in the Danjiangkou Reservoir área of China (en línea). ScienceDirect Magazine 110:34-40. Consultado 12 abr. 2018. Disponible en

https://ac.els-cdn.com/S0378377412000972/1-s2.0-S0378377412000972-main.pdf?_tid=bdb27e23-1327-43db-8bdb-1ec6027a9aa2&acdnat=1523551061_f431cd32deec32ef8cf0e41a97956102

Mansilla, P; Salinero, C; Sabarís, M; Pérez, R; Rodríguez, J. 2003. Medidas culturales preventivas para el control sanitario en árboles y arbustos: Poda, cirugía arbórea e injerto (en línea). Xunta de Galicia, España. 212 p. Consultado 12 abr. 2018. Disponible en http://mediorural.xunta.gal/fileadmin/arquivos/publicacions/Agricultura/Medidas_culturales.pdf

Medina, V; Robles, M; Orozco, J. 2004. Poda de los cítricos; su aplicación en limón mexicano *Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle (en línea). Instituto nacional de investigación forestales, agrícolas y pecuarias (INIFAP). Tecomán, colima, México. 80p. Consultado el 28 may 2019. Disponible en http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/1279/portada_citricos_1279.pdf?sequence=1

Méndez, C. 2015. Edad fisiológica de los cultivos: inicio de grados día (en línea). Programas de Hortalizas de la Universidad de Costa Rica. ProNAD. Consultado 17 Jul 2019. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/av-1816.pdf>

Micheloud, N. 2012. Comportamiento Fenológico-Reproductivo de variedades de cítricos en la zona centro de la provincia de Santa Fe (en línea). Tesis M. Sc. En Cultivos Intensivos. Santa Fe, Argentina. Universidad Nacional del Litoral. Consultado el 10 mar. 2018. Disponible en <http://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8080/tesis/bitstream/handle/11185/437/tesis.pdf?sequence=3>

- Parra, A; Fischer, G; Chaves, B. 2014. Tiempo térmico para estados fenológicos reproductivos de la Feijoa (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret) (en línea). Acta bio. Colomb. 20(1): 163-173. Consultado 17 Jul 2019. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/3190/319033067017.pdf>
- Padrón, J y Rocha, M. 2007. La poda de los cítricos (en línea). General Terán, N.L., México. 63p. Consultado 20 feb. 2018. Disponible en http://www.concivter.com/P%C3%A1gina_CEDEFRUT/LA%20PODA%20DE%20LOS%20C%C3%8DTRICOS.pdf
- Pérez, E. 2013. Análisis de fertilidad de suelos en el laboratorio de Química del Recinto de Grecia, Sede de Occidente, Universidad de Costa Rica (en línea). Intersedes 14 (29): 6-18. Consultado el 16 Jul. 2019. Disponible en <https://www.scielo.sa.cr/pdf/is/v14n29/a01v14n29.pdf>
- Phillips, R; Goldweber, S; Campbell, C; Crane, J; Balerdi, C. 2018. El limón criollo en Florida (en línea). Universidad de Florida. Estados Unidos, Florida. 3 p. Consultado 5 ago. 2019. Disponible en <https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/HS/HS27100.pdf>
- Prado, E. 2012. Establecimiento y evaluación de una plantación forestal con mezcla de especies considerando su gremio ecológico, en la Virgen de Sarapiquí, Costa Rica (en línea). Tesis Ing. Agrónomo. Cartago, Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Consultado 11 mar. 2018. Disponible en https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/5750/ESTABLECIMIENTO_GREMIO_ECOLOGICO_SARAPIQUI.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Quevedo, E. 2012. Evaluación del efecto de tres dosis de ácidos húmicos sobre el rendimiento y la calidad del limón persa (*Citrus latifolia* Tan: Rutaceae), la Gomera, Escuintla (en línea). Tesis Lic. En Ing. Agrónomo. Escuintla,

Guatemala. Universidad Rafael Landívar. Consultado 15 Mar. 2018.
Disponible en <http://biblio3.url.edu.gt/Tesis/2012/06/17/Quevedo-Erick.pdf>

Rahman, Z. 2010. El papel del fósforo en el desarrollo sostenible de la palma de aceite (*Elaeis Guineensis*, Jacq.) Producción en suelos tropicales (en línea). University Putra Malaysia, Malaysia. 208p. Consultado 13 may. 2018. Disponible en <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1526/1526>

Rodríguez, M. 2002. Guía técnica: Cultivo de limón pérsico (en línea). Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). San Salvador, El Salvador. 33 p. Consultado 25 feb. 2018. Disponible en <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/frutales/Limon.pdf>

Romero, C; Ocampo, J; Sandoval, E; Tobar, R. 2012. Fertilización orgánica-mineral y orgánica en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananasa* Duch.) bajo condiciones de invernadero. Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable 8 (3): 41-49. Consultado el 24 ago 2019. Disponible en http://uaim.edu.mx/webraximhai/Ej-25aarticulosPDF/4.-%20FERTILIZACION%20ORGANICA%20MINERAL_Carlos%20Osvaldo.pdf

Sáenz, G; Finegan, B; Guariguata, M. 1999. Crecimiento y mortalidad en juveniles de siete especies arbóreas en un bosque muy húmedo tropical intervenido de Costa Rica (en línea). Revista de Biología Tropical 47(1-2):45-57 Consultado 6 abr. 2018 disponible en <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/download/19000/19095>

SAG (Secretaria de agricultura y ganadería, Honduras). 2014. Perfil de mercado del limón persa (en línea). Programa nacional de desarrollo agroalimentario. Honduras. 24 p. Consultado 16 mar. 2018. Disponible en <http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/bitstream/handle/123456789/229/PERFIL%2>

[ODE%20MERCADO%20DEL%20LIMON%20PERSA%20%28CITRUS%20LATIFOLIA%29.pdf?sequence=1](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1325/CULTIVO%20DE%20EL%20LIMON%20PERSA(Citrus%20latifolia%20L.)%20Y%20SUS%20PRINCIPALES%20PLAGAS%20Y%20ENFERMEDADES.pdf?sequence=1)

Sánchez, R. 2005. Cultivo del Limón Persa (*Citrus latifolia* L) y sus principales plagas y enfermedades (en línea). Tesis Ing. Agrónomo. Buenavista, México. Universidad Autónoma Agraria. Consultado 22 feb. 2018. Disponible en [http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1325/CULTIVO%20DE%20EL%20LIMON%20PERSA\(Citrus%20latifolia%20L.\)%20Y%20SUS%20PRINCIPALES%20PLAGAS%20Y%20ENFERMEDADES.pdf?sequence=1](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1325/CULTIVO%20DE%20EL%20LIMON%20PERSA(Citrus%20latifolia%20L.)%20Y%20SUS%20PRINCIPALES%20PLAGAS%20Y%20ENFERMEDADES.pdf?sequence=1)

Santarosa, E; Koller, O; Casamali; B; Belmonte, E. 2013. Produção e qualidade físico-química de frutos de laranjeiras 'Valência' em diferentes intensidades e frequências de poda (en línea). Revista Brasileira de Fruticultura 35(3):790-798. Consultado 15 oct. 2018. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/rbf/v35n3/a16v35n3.pdf>

Suarez, G. 2011. Extracción de nutrientes por cosecha del cultivo de naranja (*Citrus sinensis*) variedad Valencia en condiciones del Valle del Cauca (en línea). Tesis M.Sc. En Ciencias Agrarias. Palmira, Colombia. Universidad de Colombia. Consultado 12 abr. 2018. Disponible en <http://www.bdigital.unal.edu.co/6604/1/Germ%C3%A1n%20Suarez%20Garc%C3%ADa%20corregido.pdf>

UNODC (Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito, Bolivia). 2017. Manual para el productor: Poda de cítricos (en línea). La Asunta, Bolivia. Consultado 22 abr. 2018. Disponible en https://www.unodc.org/documents/bolivia/DIM_Manual_de_poda_de_citrico_s.pdf

Vega, A. 2014. Caracterización: Territorio Sarapiquí (en línea). Sarapiquí, Costa Rica. 184 p. Consultado 24 abr. 2018. Disponible en http://www.inder.go.cr/territorios_inder/region_huetar_norte/caracterizaciones/Caracterizacion%20Territorio%20Sarapiqui.pdf

Walmart. 2019. Ficha técnica de limón Mesino. Cartago, Costa Rica, Walmart. 18 p.

Zavala, J; Salgado, S; Marín, A; Palma, D; Castelán, M; Ramos, R. 2014. Transecto de suelos en terrazas con plantaciones de cítricos en Tabasco (en línea). Revista Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 1(2):123-137. Consultado 11 abr. 2018. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/era/v1n2/v1n2a4.pdf>

7 ANEXOS

Anexo 1

INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELO											
Cliente: David Artavia. ARTACA S.A						Fecha: 18/02/2019					
Provincia: Heredia						Cantón: Sarapiquí					
Distrito: La Virgen						Cultivo: Limón Mesino					
N° Lab	Identificación de campo	pH	cmol(+)/L				mg/L				
			Acidez ext.	Ca	Mg	K	Cu	Mn	Fe	Zn	P
S19_57	El Roble	5,7	0,25	5,22	0,71	0,13	21	9	620	5,12	19,69
S19_58	Pueblo Nuevo	4,9	1,40	2,33	0,74	0,27	33	12	855	4,37	10,24
S19_59	Bijagual	5,8	0,24	4,97	1,38	0,42	35	37	204	8,14	8,86
Rangos	Minimos	5,5		4,0	1,0	0,2	1,0	5,0	5,0	3,0	10,0
	Máximos	7,0	<0,5	15,0	6,0	0,8	20,0	50,0	50,0	10,0	40,0
N° Lab	Relaciones cationicas	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K	C.I.C.E	%				
							Saturación de acidez	Materia Orgánica			
S19_57	El Roble	7,35	40,15	5,46	45,62	6,31	3,96	3,93			
S19_58	Pueblo Nuevo	3,15	8,63	2,74	11,37	4,74	29,54	6,78			
S19_59	Bijagual	3,60	11,83	3,29	15,12	7,01	3,42	5,10			
Rangos	Minimos	2,0	5,0	2,5	10,0	>5	≤10,00				
	Máximos	5,0	25,0	15	40,0						

Figura 16. Informe de resultado de análisis de suelos realizado en el laboratorio de análisis agronómico del Campus Tecnológico Local San Carlos en el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019.

Anexo 2

Modelos lineales generales y mixtos

Especificación del modelo en R

```
mlm.modelo.000_Diametro_REML<-glm (Diametro~1+Trata
,weights=varComb (varIdent (form=~1|Trata))
,method=\ "REML\ "
,na.action=na.omit
,data=mlm.modeloR.data00)
```

Resultados para el modelo: mlm.modelo.000_Diametro_REML
Variable dependiente: Diametro

Medidas de ajuste del modelo

n	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
171	326,39	351,33	-155,19	0,71	0,08	

AIC y BIC menores implica mejor

Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	16411,52	<0,0001
Trata	3	4,88	0,0028

Pruebas de hipótesis marginales

Source	numDF	denDF	F-value	p-value
Trata	3	167	4,88	0,0028

Figura 17. Nivel de significancia para las variable diámetro de fruto en el estudio realizado en finca Artaca S.A., Sarapiquí, Costa Rica, 2018-2019.