

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

**EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN POST FORZAMIENTO SOBRE LA
CALIDAD Y EL RENDIMIENTO DE LA FRUTA DE PIÑA (*Ananas
comosus* (L.) Merr.) HÍBRIDO MD-2 ALAJUELA, COSTA RICA**

JOAN MANUEL ROJAS RAMÍREZ

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

2019



Carrera de Ingeniería en Agronomía
Campus Tecnológico Local
San Carlos
2019 - 2023

EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN POST FORZAMIENTO SOBRE LA CALIDAD Y EL RENDIMIENTO DE LA FRUTA DE PIÑA (*Ananas comosus* (L.) Merr.) HÍBRIDO MD-2 ALAJUELA, COSTA RICA

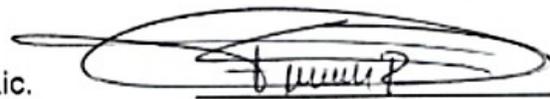
JOAN MANUEL ROJAS RAMÍREZ

Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:

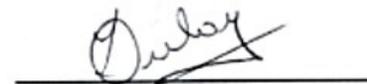
Ing. Agr. Parménides Furcal Beriguete, M. Sc


Asesor Interno

Ing. Agr. Francisco García López, Lic.


Asesor Externo

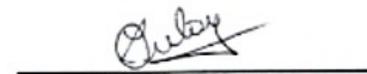
Ing. Agr. Zulay Castro Jiménez, MGA


Jurado

Ing. Agr. Arnoldo Gadea Rivas, M. Sc.


Jurado

Ing. Agr. Zulay Castro Jiménez, MGA


Coordinadora de
Trabajos Finales de
Graduación

Ing. Agr. Alberto Camero Rey, M. Sc


Director
Escuela Agronomía

Dedicatoria

Primeramente a Dios Todo Poderoso por darme la vida.

A mis padres que son lo mejor que tengo y siempre han sido mi soporte incondicional en cada momento de mi vida.

A mis hermanos que los quiero y siempre han estado cuando más los necesito.

Agradecimientos

A Dios por darme la fortaleza y la voluntad para seguir siempre adelante día a día

A mi familia; mi papá Rodolfo Rojas, mi mamá Mirieth Ramírez, quienes son incondicionales, a mis hermanas: Yenory y Nayarit, mi hermano: Walter; y a aquellos que dentro de mi familia de una u otra manera me han dado apoyo, inspiración y fortaleza durante todo mi proceso en la universidad.

A mis compañeros y amigos de la universidad por darme la oportunidad de conocerlos, aprender y disfrutar de sus maravillosas personalidades, por compartir buenos y amargos momentos que serán inolvidables.

A todos los profesores, que de una u otra manera aportaron conocimiento, experiencias, animo etc, y que me han ayudado a surgir como profesional, en especial al Ing. Parménides Furcal, quien me ha tenido mucha paciencia y me ha brindado su apoyo en la elaboración y corrección de este trabajo.

A mi amigo y compañero el Ing. Rodolfo Saborío, quien junto con Ligia Guerrero me han brindado hospitalidad, amistad, conocimiento y confianza

A los ingenieros Francisco García y Alexander Rojas, los cuales son los promotores de que esta investigación se realizara, además a Don Alexander, le agradezco por el gran apoyo que me ha brindado tanto personal como profesionalmente.

Al personal de la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, en especial a Don Álvaro Figueroa y Keylor Vargas por brindarme la oportunidad de realizar este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivo General	4
1.4 Objetivos Específicos	4
1.5 Hipótesis de Investigación.....	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1 Taxonomía y morfología de la piña	5
2.2 Variedades de piña comercializadas en Costa Rica	6
2.3 Requerimientos Climáticos.....	7
2.3.1 Temperatura.....	7
2.3.2 Precipitación.....	8
2.3.3 Luminosidad	8
2.3.4 Viento	9
2.3.5 Suelo.....	9
2.4 La fruta de Piña	10
2.4.1 Madurez Fisiológica	10
2.4.2 Inducción Floral o Forzamiento	11
2.4.3 Índice de madurez.....	11
2.5 Parámetros de calidad para jugo de piña.....	12
2.6 Motivos de descarte de fruta para jugo	12
2.7 Factores precosecha que afectan la calidad de la fruta	13
2.7.1 Transición de la fase vegetativa a la fase reproductiva.....	13

2.7.2	Fertilización con K, Ca y B	15
2.7.2.1	Efectos del potasio (K) sobre la calidad de la piña	15
2.7.2.2	Efectos del calcio (Ca) sobre la calidad de la piña	16
2.7.2.3	Efectos del boro (B) sobre la calidad de la piña	17
2.7.3	Acidez titulable (AT)	17
2.7.4	Sólidos solubles totales (SST)	18
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.1	Ubicación	20
3.1.1	Descripción general	20
3.2	Periodo de estudio	23
3.3	Material experimental.....	23
3.4	Área y unidad experimental.....	23
3.5	Descripción de los tratamientos	23
3.6	Modo de aplicación	25
3.7	Variables de respuesta estudiadas	25
3.8	Metodología de toma de datos.....	27
3.8.1	Sólidos solubles totales.....	27
3.8.2	Acidez titulable (AT).....	27
3.8.3	Relación °Brix / Acidez.....	27
3.8.4	Firmeza de la pulpa.....	28
3.8.5	Análisis foliar	28
3.8.6	Análisis de suelo	29
3.8.7	Tamaño de fruta.....	29
3.8.8	Alturas.....	31
3.8.9	Diámetro.....	32

3.8.10	Peso	32
3.8.11	Golpe por sol	32
3.8.12	Quema de corona	32
3.9	Diseño experimental	33
3.9.1	Croquis y especificación del diseño de tratamientos.....	33
3.10	Plan de análisis.....	34
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
4.1	Resultados de análisis de suelos y foliares.....	35
4.2	Condición interna	38
4.2.1	Sólidos solubles totales (SST)	41
4.2.2	Acidez	42
4.2.3	Firmeza	43
4.2.4	Resumen de características internas en fruta	44
4.3	Variables de rendimiento.....	46
4.4	Tamaño de fruta.....	51
4.5	Variables de corona	52
5.	CONCLUSIONES.....	58
6.	RECOMENDACIONES	59
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	60
8.	ANEXOS	70

Lista de Cuadros

Cuadro	Título	Página
1.	Parámetros de calidad de fruta para jugo, de la empresa TicoFrut., Alajuela, Costa Rica, 2018.	12
2.	Aporte nutricional de los tratamientos de acuerdo con el programa de fertilización en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.....	24
3.	Características químicas de las mezclas de fertilizantes aplicadas, en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.	25
4.	Variables evaluadas en fruta de piña híbrido MD-2 en post cosecha, en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.	26
5.	Clasificación de calibres de fruta de acuerdo con los rangos de peso, en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.	31
6.	Estado de fertilidad del suelo en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.....	35
7.	Estado de fertilidad en planta después de la inducción floral según el programa de fertilización en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.....	37
8.	Resumen de resultados de condición interna de piña en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.	45
9.	Análisis económico por hectárea de acuerdo a cada programa de fertilización en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.....	56

Lista de Cuadros

Figura	Título	Página
1	Acción de la temperatura en grados centígrados sobre el crecimiento de la raíz y de la hoja de ananas (de máximo alargamiento).....	7
2	Comportamiento de la precipitación atmosférica (mm) en los meses de julio a noviembre, Agroindustrial Tres Amigos. Alajuela, Costa Rica 2018.....	21
3	Comportamiento de las temperaturas máximas y mínimas (°C) en los meses de julio a noviembre en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.	21
4	Imagen captada con dron de del área de investigación en la finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.	22
5	Determinación de hoja "D" (izquierda), muestreo foliar por tratamiento (derecha) en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.	29
6	Medición de la altura de la fruta (izquierda), determinación de la altura de la corona (derecha) en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.	32
7	Croquis del área experimental, con sus respectivos bloques y tratamientos, en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.....	34
8	Comportamiento de la acidez y los sólidos solubles totales con respecto a los días post forzamiento en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.	40
9	Comportamiento de los sólidos solubles totales tres semanas antes de la cosecha, según tratamientos en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.	41
10	Comportamiento de la acidez según tratamientos, tres semanas antes a cosecha, en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.....	43

11	Comportamiento de la firmeza tres semanas antes a cosecha en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018	44
12	Efecto de los tratamientos de fertilización post forzamiento en relación al peso de la fruta en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.	48
13	Efecto de cinco programas de fertilización post forzamiento en relación a la altura de la fruta, en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.	49
14	Efecto de cinco programas de fertilización post forzamiento en relación al diámetro de fruta, en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.	50
15	Rendimiento en cajas por hectárea de acuerdo a cada programa de fertilización en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.	52
16	Efecto de cinco programas de fertilización post forzamiento en relación al peso de la corona, en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.	53
17	Efecto de cinco programas de fertilización post forzamiento en relación a la altura de la corona en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.	54
18	Efecto de cinco programas de fertilización post forzamiento de acuerdo a la relación fruta/corona, en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.	55

Lista de Cuadros

Figura	Título	Página
1.	Recolección de muestras para análisis de laboratorio, en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.....	70
2.	Descoronado de fruta para toma de pesos y alturas, en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.....	70
3.	Muestreo de peso de fruta, en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.Amigos, 2018.....	71
4.	Medición de altura de la corona, en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.	71
5.	Toma de pesos de corona, en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018	72
6.	Muestreo de firmeza en pulpa de fruta, en el Laboratorio de TicoFrut, Alajuela, Costa Rica, 2018.	72
7.	Proceso de licuado de fruta para la extracción de jugo en el Laboratorio de TicoFrut, Alajuela, Costa Rica, 2018.	73
8.	Extracción de 50 ml de jugo para medición de °brix en el Laboratorio de TicoFrut, Alajuela, Costa Rica, 2018.	73
9.	Medición de °brix mediante el refractómetro digital, en el Laboratorio de TicoFrut, Alajuela, Costa Rica, 2018.	74
10.	Muestreo de acidez mediante titulación automática en el Laboratorio de TicoFrut, Alajuela, Costa Rica, 2018.	74

RESUMEN

Esta investigación tuvo como finalidad evaluar el rendimiento y la calidad en piña var. *Ananas comosus* (L.) Merr.) híbrido MD-2, mediante aplicaciones foliares de dosis crecientes de potasio, calcio y boro en etapa post forzamiento en Alajuela, Costa Rica. Este estudio se realizó en la Finca Agroindustrial Tres Amigos, ubicada en Pital de San Carlos, dando inicio en el mes de julio de 2018 con la inducción floral y finalizando en noviembre de 2018 al momento de la cosecha. Los tratamientos se establecieron de forma porcentual de acuerdo a la dosis, el T1 fue el programa 100% en donde se aplicó 200 Kg/ha de KCl, 200 Kg/ha de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y 20 Kg/ha de ácido bórico, posteriormente los demás programas se establecieron a un 75%, 50% y 25% de las dosis anteriores, estas aplicaciones se realizaron a los 30, 60, 115 y 125 días después de forzamiento que se hizo a los 132 días de la siembra, además se tomó en consideración un testigo relativo correspondiendo a las aplicaciones normales de la finca las cuales se aplicaron únicamente a los 22 y 30 días después del forzamiento y por último un testigo absoluto en el cual solo se aplicó agua. Se midieron variables internas como acidez, grados brix, y firmeza de la pulpa, mientras que las variables externas fueron peso, altura y diámetro de fruta, peso y altura de la corona y rendimiento en cajas por hectárea. Se determinó que el T100% fue el tratamiento que logró alcanzar la acidez más alta a la cosecha, el T finca reportó los Sólidos Solubles Totales más altos igualmente a la cosecha. De acuerdo a la relación °brix/acidez se determinó que todos los tratamientos cumplieron con las características deseables de una fruta para proceso, además se logró observar que el T50% presentó efectos positivos, con diferencias significativas en cuanto a variables de rendimiento, además se demostró que puede generar mayor utilidad parcial.

Palabras claves: Acidez, grados brix, fertilización en piña, calcio, boro, potasio.

Abstract

The purpose of this research was to evaluate the yield and quality in pineapple var. *Ananas comosus* (L.) Merr.) MD-2 hybrid, by foliar applications of increasing doses of potassium, calcium and boron in post-forcing stage in Alajuela, Costa Rica. This study was carried out at the Tres Amigos Agroindustrial Estate, located in Pital de San Carlos, beginning in July 2018 with the floral induction and ending in November 2018 at the time of harvest. The treatments were established as a percentage according to the dose, T1 was the 100% program where 200 Kg / ha of KCl, 200 Kg / ha of Ca (NO₃)₂ and 20 Kg / ha of boric acid were applied, subsequently the other programs were established at 75%, 50% and 25% of the dose of the previous doses, these applications were made at 30, 60, 115 and 125 days after forcing that was done 132 days after planting, In addition, a relative control was taken into account corresponding to the normal applications of the farm which were applied only at 22 and 30 days after the forcing and finally an absolute control in which only water was applied. Internal variables such as acidity, brix degrees, and firmness of the pulp were measured, while the external variables were weight, height and diameter of fruit, weight and height of the crown and yield in boxes per hectare. It was determined that T100% is the treatment that managed to reach the highest acidity at harvest, the farm reported the highest SST equally to the harvest. According to the ° brix / acidity ratio, it is determined that all treatments met the desirable characteristics of a fruit for processing, it was also observed that T50% have positive effects, with significant differences in terms of performance variables, in addition to demonstrate that it generates greater partial utility.

Keywords: Acidity, brix degrees, pineapple fertilization, calcium, boron, potassium

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La piña (*Ananas comosus* L.) (Merril 1917) pertenece a la familia de las Bromeliáceas, las cuales son nativas de ambientes cálidos y húmedos de la zona de América tropical y las Antillas, hasta abarcar más de 60 géneros (Morales 2000). Sin embargo, el origen específico de la fruta se atribuye a las regiones sureste de Brasil y Paraguay, y noreste de Argentina (Smith 1934; Leal 1989; Paull 1997).

En Centroamérica, las plantaciones comerciales inician con la variedad Cayenne lisse con el único objetivo de consumo local. En 1960, iniciaron las primeras exportaciones de fruta fresca a mercados norteamericanos y ciertos lugares de Europa. Posteriormente, en 1977 se consolida la empresa Del Monte en la zona sur de Costa Rica siendo esta la impulsora del desarrollo del cultivo (Garita 2014). Tras el desarrollo de la actividad piñera, el país en la actualidad se consolida como principal productor y exportador de esta fruta en forma fresca a nivel mundial (CANAPEP 2016).

No toda la piña que se produce en el país presenta características de calidad para ser exportada. Al respecto, según Montoya (2012) se estima que entre el 10% y el 20% de la fruta es destinada a descarte debido, principalmente, a problemas de forma, tamaño, daño por insectos o roedores, enfermedades, cicatrices, color de la cáscara y problemas fisiológicos como quemaduras de sol, entre otros aspectos (Jiménez 1999; Montoya 2012).

Según Montoya (2012) la fruta de descarte tiene tres distintos caminos, que implica la venta de fruta fresca para el mercado nacional, la industria de mermeladas y la elaboración de jugos para exportación, este último destino es considerado la mejor forma de dar valor agregado a la fruta y en el país existen

empresas como Del Oro S.A, TicoFrut S.A, Frutilight S.A, Tropical Paradise y Florida Products dedicadas a procesar fruta de descarte¹.

1.2 Justificación

Para la elaboración de jugos, la fruta debe presentar ciertas características que comprueban la calidad, tales como el color, consistencia además de encontrarse libre de enfermedades y plagas, mientras que, en cuanto a las características químicas, se analiza los sólidos solubles totales (°Brix), concentración de ácidos orgánicos (% acidez) y la relación °Brix/acidez (ratio) (Gadea 2010).

Los ácidos orgánicos predominantes en esta fruta son el ácido cítrico y el málico (Paull 1993), los cuales son los responsables del sabor ácido y refrescante de las frutas en general (Izawa *et al.* 2010).

Una piña con características óptimas para la elaboración de jugo debe presentar un 13,5% de brix y tener un rango de 0,3% a 0,9% de acidez (Jiménez 1999) y 0,5% según Garita (2014). Además de ello, Paull (1993) menciona que la presencia de ácido ascórbico en niveles altos reduce sensibilidad del daño por frío, ocasionando que el producto sea menos perecedero. Por lo que Jiménez (1999) recomienda que la fruta tenga un 7% de ácido ascórbico.

Uno de los problemas que enfrenta la industria procesadora de jugos de piña, es el descenso de la acidez en etapas de maduración de la fruta, es decir, cuando se da un aumento en grados brix en etapa de maduración, la acidez decae, ocasionando que el jugo pierda su calidad. También, este fenómeno se asocia al tamaño de la fruta, ya que, entre más grande sea, mayor será la dilución de la concentración de la acidez (Kimball 1984).

En el cultivo de piña se realizan una serie de aplicaciones vía foliar, debido a que, la planta es capaz de absorber gran cantidad de nutrientes por las axilas de

¹ Rojas A. 06 de junio de 2018. Empresas procesadoras de frutas para jugo. (Comunicación Telefónica). San Carlos. Costa Rica. TicoFrut.

las hojas. Una de esas aplicaciones programa la cosecha y se le llama etapa de forzamiento. Esta actividad consiste en la aplicación de ciertos productos que inducen fisiológicamente la diferenciación del meristemo apical en flor, esto con el objetivo de promover una floración y cosecha homogénea.

Los productores definen el momento de forzamiento según las condiciones ambientales y el peso de la planta, Garita (2014) indica que el momento al cual se debe realizar la aplicación es cuando la planta tiene de 2 Kg a 2,2 Kg (4,5 a 5 lb) de peso, ya que, la planta ha alcanzado un buen tamaño y un estado fisiológico adecuado.

Actualmente muchos productores, adecuan sus aplicaciones de fertilizantes antes de la inducción, ya que, mencionan que la planta disminuye la absorción en esta etapa y sólo se mantendrá dedicada al cuidado de la flor y el desarrollo del fruto. Mientras, que otros productores no restringen sus aplicaciones de nutrientes por esta etapa, si no que continúan con su plan de fertilización.

Lo anterior, es un tema de controversia, ya que, aunque investigadores como Gambin y Herrera (2012) han demostrado que la planta absorbe macronutrientes a lo largo de todo su ciclo, muchos evitan la aplicación en edades avanzadas.

Es claro que, cualquier actividad conlleva un gasto de insumos, maquinaria y mano de obra. Por tanto, es importante tener una relación costo/beneficio para decidir esta actividad y ello va a depender del manejo que se efectúe. Sin embargo, el resultado de un buen manejo se puede reflejar en el rendimiento y calidad de la fruta. La principal razón por la cual el productor pretende mejorar en cuanto a calidad es porque el comercio de fruta en el país para jugo se paga por calidad, ya que, el país necesita competir en esta área. Puesto que, si bien es cierto que Costa Rica es el principal productor de fruta fresca, no lo es así en la producción de jugo, Filipinas y Tailandia lideran el mercado por la alta producción de fruta fresca para jugo (PROCOMER 2012).

Esta investigación pretende determinar si existe un efecto en la calidad de la piña para jugo, mediante aplicaciones de distintos elementos como el potasio, calcio y boro en etapa post forzamiento. Además, de la calidad es importante determinar si las aplicaciones de dichos nutrimentos mejoran el rendimiento y con ello el beneficio económico de la empresa.

1.3 Objetivo General

Evaluar el efecto de programas de fertilización post forzamiento sobre la calidad y el rendimiento de la fruta de piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.) híbrido MD-2.

1.4 Objetivos Específicos

Evaluar el efecto de programas de fertilización post forzamiento en el contenido de grados brix, acidez y su relación en la fruta de piña.

Evaluar el efecto de programas de fertilización post forzamiento sobre el rendimiento de la fruta.

Analizar el impacto económico en que se incurre al incluir la fertilización post forzamiento, en rendimiento y calidad de fruta.

1.5 Hipótesis de Investigación

La aplicación de los programas de fertilización propuestos en etapa post forzamiento permitirá que la concentración de sólidos solubles totales alcance un rango de 12% a 14% y la acidez se mantenga entre 0,5% a 0,7%.

La aplicación de los programas de fertilización con dosis aumentadas de potasio, calcio y boro se traduce a un mayor rendimiento y calidad en piña MD-2.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Taxonomía y morfología de la piña

La piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) es una planta que pertenece a la familia Bromeliaceae (Jiménez 1999), es una planta monocotiledónea, de tipo herbácea, la cual puede alcanzar una altura de un metro promedio (Pérez 2010), se considerada como una planta semi perenne, ya que, es posible obtener dos cosechas económicamente viables, en donde la primer cosecha se presenta alrededor de los doce meses y la segunda cuando la planta ha alcanzado una edad entre los 26 y 30 meses (Barrientos y Porras 2010).

En la base de la planta se forma una roseta compacta de 70 a 80 hojas durante todo el ciclo, que son largas y espinosas, que pueden llegar a medir de 30 a 100 cm (Garita 2014). El sistema radical es fibroso y no supera los 50 cm de profundidad del suelo, esta planta es intolerante al encharcamiento, por lo que, prefiere suelos bien drenados (Pérez 2010).

El desarrollo de la flor naturalmente está influenciado por condiciones climáticas y de madurez fisiológica de la planta. El proceso inicia con la diferenciación meristemática, que consiste en una elongación del centro de la roseta, concluyendo con la emergencia de la inflorescencia (Garita 2014), a partir de ello, se genera un gran número de flores fusionadas de color rosa, que son hermafroditas y sésiles, y que además que tienen la capacidad de generar un fruto sin la necesidad de la fecundación (Bartholomew 1994), obteniendo un fruto múltiple conocido como sorosis (Guido 1983).

De acuerdo con Pérez (2010), se espera un fruto de un peso aproximado de 1,5 Kg, sin embargo, esto se encuentra sujeto a diferentes variables como el clima, manejo fitosanitario y nutricional, tipo de hijo que se cultiva, mercado, entre otras.

2.2 Variedades de piña comercializadas en Costa Rica

Las primeras exportaciones que se originaron en el país datan del año 1980, en donde en ese entonces se producía la variedad Cayenne Lisa conocida como piña Hawaiana (CANAPEP 2016).

La planta de esta variedad se caracteriza por poseer espinas en las hojas únicamente en las puntas, el fruto es grande y de forma cilíndrica, con una tonalidad en la cascara de color rojizo a amarillo, la pulpa de una coloración amarilla, jugosa y con un buen sabor. A pesar de poseer características de importancia organoléptica, la misma presenta el inconveniente de ser muy susceptible a enfermedades (Montero y Cerdas 2005).

La expansión de la producción de piña en el país se generó en los años noventa, produciéndose principalmente la variedad Champaka (CANAPAEP 2016), la cual es un cultivar mejorado proveniente de la variedad Cayenne Lisa, con buenas características como buen sabor, jugosa, de pulpa blanca y de buen tamaño, no obstante, esta última característica es una de las principales razones de descarte, ya que, su gran tamaño no fue aceptado en el mercado (Montero y Cerdas 2005).

Fue hasta 1996 cuando la empresa Del Monte comercializa la variedad MD-2 bajo el nombre de Dorada Extra Dulce (Gold extra sweet) (Gamboa 2011). Esta variedad fue altamente aceptada, que incluso llegó a sustituir la variedad Cayenne Lisa en la mayoría de los países, solamente en ciertas regiones de África se continuó cultivando.

La MD-2 produce una fruta de muy buen sabor, de buen tamaño, aroma agradable, de pulpa dulce, buen rendimiento, sin embargo, es susceptible a daños mecánicos, entre otras características (Montero y Cerdas 2005; Jiménez 1999). Según CANAPEP (2016) la variedad fue muy bien aceptada en el país, reflejado en el aumento de la producción a partir del 2001.

2.3 Requerimientos Climáticos

2.3.1 Temperatura

La temperatura es el factor más limitante en la producción de piña, esto debido a que la planta no sobrevive a altas temperaturas, su crecimiento se ve retrasado. Por ello, la producción mundial se distribuye en la zona tropical entre los trópicos de Cáncer y Capricornio (Py 1969).

El crecimiento de las diferentes partes de la planta se relaciona con este factor, ya que, el crecimiento de las raíces y hojas es usualmente nulo a temperaturas inferiores a los 21 °C y superiores a los 35 °C (Collins 1960; Sanford 1962), es por ello que se establece que el rango de temperatura óptimo es de 21 °C a 27 °C, tomando en cuenta que el crecimiento máximo se considera entre los 30 °C y 31 °C, (Peña *et al.* 1996; Garita 2014) como se muestra en la Figura 1. Por otro lado, Jiménez (1999) menciona que las bajas temperaturas y alta humedad son condiciones que reducen la acidez en fruta.

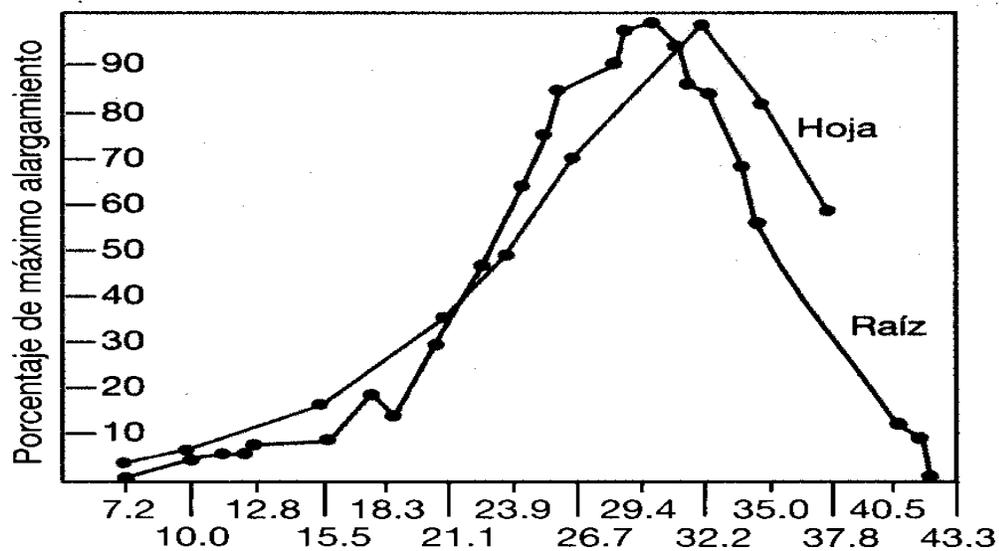


Figura 1. Acción de la temperatura en grados centígrados sobre el crecimiento de la raíz y de la hoja de ananas (de máximo alargamiento).

Fuente: Garita (2014).

2.3.2 Precipitación

La piña es una planta que no tolera grandes cantidades de agua, por lo contrario, se le considera de poca exigencia hídrica, es por ello, que los suelos deben ser bien drenados para evitar acumulación de riego o precipitación. Las zonas donde la época seca y lluviosa están bien definidas las características organolépticas pueden mejorar (Garita 2014).

El mecanismo de fijación de CO₂ que poseen denominado CAM, permite que la planta restrinja estrictamente la pérdida de agua, ya que, sólo permite la transpiración en condiciones de temperatura y humedad adecuada (Peña *et al.* 1996).

Además, otros problemas que genera el exceso de agua es que produce anoxia en las raíces de la planta de piña, debilitándola y haciéndola más susceptible al ataque de hongos y nematodos. También, es posible que la fruta se afecte, produciendo fragilidad en la pulpa y aumentando la sensibilidad a *Fusarium* y *Penicillium* (Peña *et al.* 1996).

2.3.3 Luminosidad

Como es conocido la luminosidad es el precursor de procesos fisiológicos en la planta como la fotosíntesis y la transpiración (Peña *et al.* 1996), la cual influye directamente con el rendimiento; Sanford (1962) menciona que una disminución del 20% en la radiación puede influir hasta en un 10% del rendimiento total.

Por otro lado, Garita (2014) menciona que este factor se encuentra relacionado con la altitud de la zona, puesto que, a altitudes mayores la radiación disminuye y con ello la temperatura, contrario a esto, en áreas de baja altitud la radiación aumenta al igual que la temperatura, lo cual es beneficioso para el desarrollo de este cultivo.

Garita (2014) también menciona que, características como la coloración interna y externa, la acidez, la concentración de ácido ascórbico y la dulzura se favorecen cuando las condiciones son las adecuadas. Sin embargo, se pueden

presentar problemas debido a la intensidad, calidad y duración de la luz, puesto que, puede producir un calentamiento excesivo de la epidermis y causar quemaduras externas o incluso internas como el conocido “golpe de sol” (Garita 2014; Peña *et al.* 1996).

La luminosidad, está directamente relacionada con la inducción floral natural, ya que, una reducción horas luz durante el día, genera un cambio en el meristemo vegetativo, dando lugar al desarrollo de una la inflorescencia y posterior al desarrollo del fruto.

2.3.4 Viento

Existen tres maneras de cómo afecta este factor a la producción piñera. La planta al someterse a vientos intensos induce a un aumento en la transpiración, provocando la deshidratación, también, se pueden generar roses entre las plantas que puede generar lesiones, creando heridas susceptibles al ingreso de patógenos y por último, según la ráfagas y el tamaño de la plantación la misma puede tender al volcamiento (Peña *et al.* 1996) generando grandes pérdidas.

2.3.5 Suelo

Las raíces de esta planta no profundizan mucho, ya que, la mayoría de estas se encuentran en los primeros 15 cm de profundidad, lo que indica que no necesita suelos profundos, no obstante, necesita que sean aireados y con buen drenaje, puesto que la falta de oxígeno genera marchitez (Castañeda 2003).

Esta planta resiste o prefiere suelos ácidos con un pH de 4,5 a 5,5, valores por debajo o superiores afectan directamente el rendimiento (Peña *et al.* 1996). Además, a pH por encima de 6,5 se presentan deficiencias de hierro, y excesos de calcio y manganeso, ocasionando clorosis por el desbalance Mn/Fe (Pérez 2010).

2.4 La fruta de Piña

Esta fruta de piña es un fruto múltiple, ya que, se deriva de una inflorescencia, en donde las flores se fusionan unas con otras formando frutículos que van madurando a lo largo del desarrollo (Castañeda 2003).

La fecundación del ovario en el fruto de piña no es necesario, ya que, sufre de un fenómeno llamado partenocarpia. Existen dos tipos de la misma, una estimulada y otra autónoma (Azcón y Talón 2013) esta última es la que se desarrolla en el fruto de piña (Vélez 2008; Vardi *et al.* 2008).

Esto se debe a que los granos de polen son incompatibles genéticamente con los estigmas receptores, generando autoesterilidad. En el caso de los frutos que no se polinizan, las paredes del ovario pasan a formar la cáscara de la fruta (Azcón y Talón 2013).

El desarrollo del fruto tiene un comportamiento sigmoideo, con fases sucesivas bien marcadas. La fase I se caracteriza por una división celular masiva, la fase II se define como un alargamiento celular y en la fase III se completa el crecimiento y se da el proceso de maduración hasta senescencia (Azcón y Talón 2013).

2.4.1 Madurez Fisiológica

La maduración es un conjunto de cambios a nivel de fruto, como el sabor, la textura de la pulpa, la coloración, también se considera madurez fisiológica cuando las frutas alcanzan su máximo crecimiento y se ha dado transformación cualitativa de los tejidos (Azcón y Talón 2013). Esta última característica comprende la suavidad de los mismos tejidos, cambios hidrolíticos de los contenidos en reserva, cambios de la clorofila a otros pigmentos y sobre todo en el sabor (Pérez 2010).

Fisiológicamente, los cambios en un fruto se encuentran determinados por un incremento en la tasa respiratoria y la producción de etileno, este último elemento es el primer paso para la senescencia del fruto, esto para el caso de las frutas climatéricas (Pérez 2010). Sin embargo, la piña es un fruto con un

estándar respiratorio de tipo no climatérico en donde la producción de etileno es baja (Kader 2007) con un promedio de (0,1 ~ 1 ml/Kg/h a 20°C) y la tasa respiratoria es nula durante la maduración (Paull 1997; Arias y Toledo 2000).

2.4.2 Inducción Floral o Forzamiento

La inducción consiste en la aplicación de productos químicos con el fin de inducir artificialmente la floración. Esta práctica tiene por objetivo uniformizar la floración y con ello la cosecha, evitando que se presente en condiciones desfavorables (Peña *et al.*1996).

De acuerdo con Jiménez (1999), existen dos formas de realizar este proceso: aplicando Ethrel (ácido 2-cloroetilfosfónico) o aplicando gas etileno. La mezcla debe presentar condiciones de pH alto (mayor a 6) debido a que el proceso debe ser lento para evitar un desequilibrio al momento de la diferenciación.

Las aplicaciones tienen mayor efectividad cuando se ejecutan en horas nocturnas (Peña *et al.* 1996) y se realiza aproximadamente a partir de los 8 meses o 9 meses, momento al cual la planta ya ha alcanzado un peso promedio de 2 a 2,2 Kg (4,5 a 5 lbs) (Garita 2014). Posterior a ello, de acuerdo con Pulido (2000) la cosecha se da aproximadamente a los 160 días, esto puede variar dependiendo de las condiciones, ya que, en altas temperaturas (32°-36°) el proceso de formación y crecimiento de la futa se acorta.

Por otro lado, el ethrel o el etileno en etapa de desarrollo de la fruta generan la destrucción de la clorofila y con ello se genera un desverdecimiento de la cáscara y se promueve la maduración (Paull y Chen 2003).

2.4.3 Índice de madurez

La madurez de la fruta de piña no puede determinarse solamente por medio de la coloración externa y el tamaño, sino que debe alcanzar cierto nivel de dulzura, el cual se determina por la concentración de sólidos solubles totales, conocido como grados Brix, el cual debe ser igual o superior al 12%, mientras que la acidez debe ser máxima de un 1% (UTEPI 2006)

El índice de madurez se encuentra relacionado con el punto óptimo de sazón del fruto, indicando que el producto se encuentra en condiciones para consumo (Márquez *et al.* 2007; Tellez 1999)

2.5 Parámetros de calidad para jugo de piña

Los aspectos de mayor importancia a considerar son las características de apariencia, sabor, acidez y dulzura del jugo. Los niveles óptimos de estas características generan mayor aceptación del producto en el mercado, por otro lado, algunos de estos parámetros, colaboran con la duración del producto una vez elaborado.

La empresa TicoFrut define según Cuadro 1 los valores de estos parámetros.

Cuadro 1. Parámetros de calidad de fruta para jugo, de la empresa TicoFrut., Alajuela, Costa Rica, 2018.

Variable	Parámetro
Relación máxima	40
Relación mínima	20
°Brix mínimo	12,5%
Firmeza	4 Kg
Color externo mínimo	1
*Color externo máximo	4
**% Máximo de descarte	5%

* Con previa aprobación por TicoFrut

** Este porcentaje es la suma de los porcentajes individuales de los motivos de descarte definidos por TicoFrut

La acidez no está directamente considerada en los parámetros de descarte, sino que se toma como referencia la relación °brix/acidez (ratio).

2.6 Motivos de descarte de fruta para jugo

La fruta utilizada generalmente para proceso extracción de jugo, es fruta de descarte para empaque y exportación, esto debido a que esta fruta no cumple con las especificaciones de calidad para ser empacada como fruta fresca, no obstante, esta fruta se encuentra sana sin golpes o ruptura de la

cáscara. Los motivos de descarte de la empresa TicoFrut se describen a continuación.

a. Aspectos generales

- Fruta no apta para consumo humano:
 - Fruta con hongos
 - Fruta fermentada
- Fruta con corona o pedúnculo
- Fruta con golpes o magulladuras (daño físico)
- Fruta pequeña, el peso mínimo aceptable es 600 gramos por fruta

b. Aspectos fitosanitarios: La materia prima debe cumplir con los periodos entre aplicación y cosecha, dosis máximas establecidos en la hoja técnica del fabricante para los pesticidas utilizados, la piña no debe presentar daños de plagas y enfermedades que afecten la calidad del producto final.

c. Embalaje / Transporte: El transporte de la fruta debe realizarse en vehículos limpios, libres de materia extraña (tierra, basura, excremento de animales u otros) y no deben sobrecargarse para que la fruta no sufra deterioro durante el transporte.

d. Requisitos regulatorios específicos: El proveedor debe contar como mínimo con un programa de manejo técnico aprobado por TicoFrut, con agroquímicos registrados para el cultivo de la piña en Costa Rica y que estén permitidos en Europa y USA, o certificación Global G.A.P vigente de las fincas de donde se cultiva la piña.

2.7 Factores precosecha que afectan la calidad de la fruta

2.7.1 Transición de la fase vegetativa a la fase reproductiva

Este proceso puede tener lugar de dos maneras, la primera es por inducción forzada o inducción natural, en la que los estímulos ambientales inducen la floración. Estos estímulos ambientales pueden ser: acortamiento de la duración del día (Friend y Lydon 1979), caída de la temperatura, reducción

de las horas luz debido a la nubosidad (Bartholomew y Malézieux 1994) y el déficit hídrico (Py *et al.* 1984).

La inducción de la floración natural ocurre en presencia de al menos uno de los factores anteriores (Cunha 2005) y cuando la planta ha alcanzado un tamaño apropiado para capturar y responder a los estímulos ambientales (Py *et al.* 1984). La segunda y más común en el cultivo de la piña es la inducción artificial o forzamiento, que consiste en aplicar reguladores de crecimiento que liberan acetileno o etileno (Cunha 2005)

La inducción de la floración artificial hace avanzar la floración, mejora la uniformidad de la floración, hace que el momento de cosecha sea predecible, y hace que la cosecha sea más uniforme (Cunha 2005). Sin embargo, la inducción artificial probablemente podría constituir una fuente de mala calidad de la fruta en el momento de la cosecha en comparación con la inducción natural, ya que, todas las plantas son inducidas a florecer, sin importar su tamaño.

Estudios demostraron que existe una asociación entre el peso del material de siembra y en el peso del fruto a la cosecha (Fassinou *et al.* 2015), además, de una relación entre el peso de la planta en el momento de la inducción artificial y el peso de la fruta a la cosecha (Hepton 2003). Sin embargo, las prácticas culturales que garantizan un vigor de la planta antes de la inducción de la floración necesitan recibir una atención considerable (Sossa *et al.* 2017).

Es por ello, que se recomienda realizar un muestreo significativo, en el cual se evaluó la condición promedio de la plantación y con ello reducir el efecto que podría generar la inducción artificial en cuanto al desarrollo de frutos pequeños.

2.7.2 Fertilización con K, Ca y B

2.7.2.1 Efectos del potasio (K) sobre la calidad de la piña

Investigaciones realizadas por Paula *et al.* (1991), Souza (1999) y Spironello *et al.* (2004) mencionaron que el cultivo de la piña es altamente sensible a la aplicación de potasio. Marchal *et al.* (1981) determinaron que la aplicación de KCl en comparación con la aplicación de K₂SO₄, incide en la disminución de la concentración de sólidos solubles y la coloración de la pulpa, además de, generar un aumento en la acidez y reducir el rendimiento.

Al mismo tiempo Marchal *et al.* (1981) indican que el ion cloruro, tiende provocar quemaduras en las hojas, de acuerdo con ciertas condiciones ambientales, además, de las altas concentraciones de KCl según Quaggio *et al.* (2007).

Seguidamente (Quaggio *et al.* 2007) mencionan que un aumento de la acidez provoca que la relación °Brix/Acidez se vea reducida, mejorando el sabor de la fruta. Lo cual, se evidencia mayormente en la aplicación de K₂SO₄ en contraste con la fuente de KCl.

Lo anteriormente mencionado, es contrario a lo expuesto por Hepton (2003), en donde indica que los efectos ventajosos del K₂SO₄ en comparación con el KCl no son universales, además menciona que, la aplicación de KCl no tiene efectos adversos en cuanto a la calidad de piña. Incluso, Py *et al.* (1984) indican que el cloro tiene un efecto en el aumento de la acidez, recomendando la aplicación de KCl para mejorar la acidez de la fruta.

Quaggio *et al.* (2007) concluye que las características de calidad y rendimiento se relacionan mayormente a las dosis de K y no así en las fuentes.

Por otro lado, la acidez total y el ácido ascórbico juegan un papel importante en la prevención de problemas fisiológicos como lo es el pardeamiento interno de la fruta en almacenamiento (Lacoeuilhe, 1978; Teisson *et al.* 1979), originado por la oxidación del ácido ascórbico (Denoya *et*

al. 2012), por ello, al existir mayor presencia de este, la fruta tendrá mayor duración post cosecha.

La firmeza de la pulpa y la cascara se relacionan con la vida útil de la fruta y de acuerdo con Quaggio *et al.* (2007) la no aplicación de K genera mayor susceptibilidad a la pérdida de firmeza, tanto interior como exteriormente.

2.7.2.2 Efectos del calcio (Ca) sobre la calidad de la piña

El calcio de acuerdo con Uthairatanakij *et al.* (2013) presenta tres funciones básicas las cuales son: formar parte de la pared celular, brinda propiedades semipermeables a la membrana celular y actúa como mensajero secundario en la célula.

La maduración de la fruta está dada entre otros procesos por la acumulación de azúcares. Una de las mediciones físicas para determinar madurez en el caso de la piña es el color interno que se mide mediante una escala de colores. El proceso de acumulación de azúcares se debe a la inactivación de la enzima Sacarosa Sintasa, lo que, provoca que se dé un acumulo de sacarosa en la zona apoplástica (Chen y Paull, 2000).

Esta acumulación genera una reducción de la concentración de calcio en la pared celular, provocando una pérdida de firmeza de la pared celular y por ende en el resto de la fruta. Uthairatanakij *et al.* (2013) menciona que las bajas concentraciones de calcio pueden inducir a problemas fisiológicos como el golpe de agua o Internal browning (IB), quemaduras por sol y el aumento a la susceptibilidad de daños mecánicos.

El calcio, de acuerdo con García y Guardiola (2008) no circula vía floema, debido a que, el pH en este tejido es cercano a 8, este ambiente genera que el elemento se vuelva inmóvil. Sin embargo, Gambin y Herrera (2012) mencionan que es importante realizar aplicaciones foliares, posterior a la inducción floral, ya sea, con nitrato de calcio o cloruro de calcio con el objetivo de mejorar calidad.

El calcio se combina con ácido péptico y forma peptatos de calcio, compuesto que pasa a formar parte de las paredes celulares, por lo tanto, la aplicación de Ca permite a la fruta desarrollar células más gruesas, que previene malformaciones del fruto, además de generar más tolerancia a enfermedades y bacterias (Malézieux y Bartholomew 2003).

2.7.2.3 Efectos del boro (B) sobre la calidad de la piña

El boro es uno de los microelementos más importantes en el cultivo de la piña puesto que forma parte de procesos metabólicos como el desarrollo celular (división y crecimiento), respiración, fotosíntesis, actividad enzimática, entre otras (Azcón y Talón 2013, Kumari y Deb 2018).

De acuerdo con Kumari y Deb (2018) se logró determinar que existe un aumento en la circunferencia, peso de la fruta y corona, y en el volumen de la fruta. Este efecto se ve potenciado al aumentar la dosis del microelemento en la última etapa, esto debido al aumento de la translocación de fotoasimilados.

Así mismo, Sathya *et al.* (2010) comenta que la aplicación de boro en tomate aumentó la concentración de sólidos solubles totales, ácido ascórbico, entre otras características. Igualmente, Mei *et al.* (2018) reporta un incremento en la concentración de azúcares, ácido ascórbico, acidez titulable, relación °Brix/acidez, incluso una mejora en el aroma de la fruta.

2.7.3 Acidez titulable (AT)

La piña contiene dos ácidos orgánicos en mayor porcentaje, que pueden variar entre 0,3% a 1,5%, de lo cual el 87% corresponde a ácido cítrico y el 13% a ácido málico (Sairi y Sarmidi 2004). De acuerdo con Paull (1993) estos ácidos van disminuyendo en el jugo en un periodo postcosecha, lo cual da la oportunidad al desarrollo de bacterias descomponedoras que inducen a la producción de alcoholes.

La reducción de los ácidos y el aumento de la concentración de sólidos solubles durante la maduración es un proceso natural, debido a que, la acidez es el resultado de procesos fisiológicos complejos en los que la respiración

juega un papel importante, es decir, los ácidos se utilizan como metabolitos para la respiración durante el crecimiento y la maduración (Wills *et al.* 1986). Este fenómeno se da mayormente en piña, esto porque la misma utiliza la fotosíntesis CAM en la que el CO₂ se almacena como malato (un ácido de cuatro carbonos) durante la noche y luego se usa para la fotosíntesis durante el día (Cote 1988).

Lo anterior, genera que la relación °Brix/Acidez aumente con forme la fruta madura, lo cual es un problema para el caso de la fruta destinada para jugo, ya que, aumenta la susceptibilidad al deterioro del producto (Montaña y Torija 2000). Caso similar sucede en fruta fresca, provocando que la fruta sea propensa a daños por frío, reduciendo así la vida post cosecha.

Sin embargo, este fenómeno también puede estar influenciado por manejo de la plantación o condiciones ambientales. En el caso del manejo, Molina (2002) evidencia que un aumento en la aplicación de nitrógeno incrementa el tamaño y el redimiendo, no obstante, Paull (1993) indica que la aplicación de este elemento disminuye la acidez. Por lo contrario, da como recomendación el uso de fuentes potásicas que reducen la susceptibilidad al daño por frío y aumentan la concentración de azúcares y la acidez del jugo.

2.7.4 Sólidos solubles totales (SST)

Los sólidos solubles totales hacen referencia al contenido de azúcares que tienen los jugos de frutas o líquidos procesados en la industria agroalimentaria. Los SST son medidos en grados Brix (°Brix) los cuales son equivalentes al porciento de sólidos solubles en peso, relación 1:1 (Domene y Segura 2014).

El contenido de azúcar, y más precisamente la cantidad de carbono en azúcares en la pulpa, varía de acuerdo con el suministro de carbohidratos a la fruta; ese suministro depende de la fotosíntesis de la hoja y del metabolismo de la planta y se diluye por el aumento en el volumen de la fruta (Quilot *et al.* 2004). A medida que aumenta el volumen de fruta, el carbono y el agua ingresan a la fruta a través del xilema y el floema y salen de la fruta mediante la

respiración y la transpiración (Fishman y Génard 1998; Génard *et al.* 2003; Génard y Souty 1996; Lescourret *et al.* 2001).

Según Chen y Paull (2000), los sólidos solubles totales están influenciados por condiciones climáticas como la temperatura, precipitación y horas luz. En el caso de la temperatura Bartholomew *et al.* (2002) comentan que este factor incide mayormente en las seis semanas anteriores a la cosecha, esto debido a que, la alta temperatura promueve la acumulación de azúcares en la pulpa, asociado a esto Py *et al.* (1987) comenta que en presencia de lluvia el proceso se acelera, ya que se aumenta la translocación.

En cuanto a la luminosidad, Castro (1994) menciona que el cultivo requiere como óptimo 1500 horas luz durante el ciclo. Este factor tiene incidencia directa en el rendimiento, ya que es activador de la fotosíntesis, y que al igual que la temperatura, al asociarse con la precipitación tienen un efecto acelerador en la acumulación de azúcares, por ende, rápida maduración (Araya 2000).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación

La investigación tuvo origen en la finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, ubicada en la comunidad de Piedra Alegre, en el distrito de Pital, cantón de San Carlos, provincia de Alajuela, Costa Rica. La ubicación es 10°55'82" latitud norte y 84°31'71" longitud oeste.

La empresa es propiedad de Don Álvaro Figueroa, la misma cuenta con una extensión de 1000 ha totales, sin embargo, actualmente se mantienen alrededor de 700 ha en producción y el restante es área de bosque. La misma tiene aproximadamente once años de dedicarse a la producción de piña.

3.1.1 Descripción general

- **Clima**

La finca cuenta con una estación meteorológica marca Davis, la cual registra datos climáticos desde el año 2011. Estos datos muestran que la zona en donde se sitúa la empresa, presenta una precipitación de 2800 mm anuales en donde los meses de mayor afluencia son junio, julio y agosto. Además, se reporta un rango de temperatura que va de los 21 °C a 34 °C una humedad relativa de 75%.

Esta estación meteorológica permitió captar diferentes variables climatológicas durante el desarrollo de la investigación, entre ellas el comportamiento de la precipitación, que se presenta en la Figura 2.

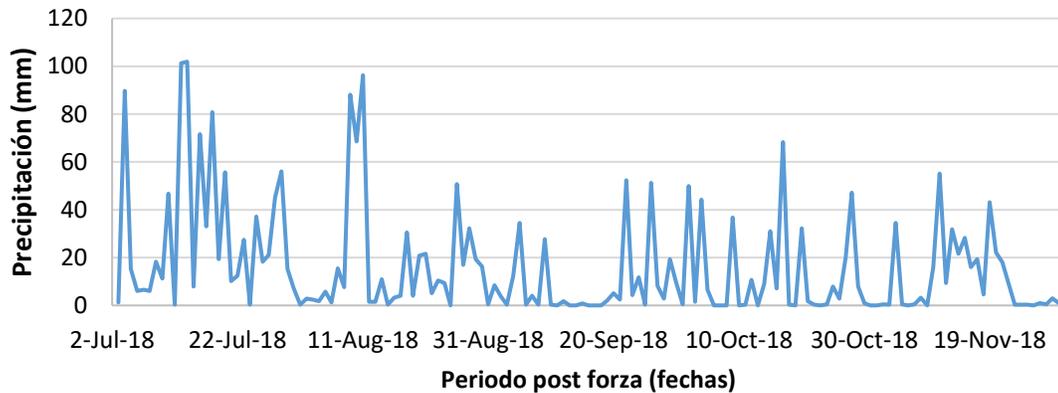


Figura 2. Comportamiento de la precipitación atmosférica (mm) en los meses de julio a noviembre, Agroindustrial Tres Amigos. Alajuela, Costa Rica 2018.

Como se muestra en la Figura 2 la precipitación estuvo presente durante la ejecución del ensayo, en total se acumularon 2465 mm en los 150 días. El mes de mayor precipitación fue junio con un acumulado de 923 mm y luego se fue reduciendo gradualmente.

Igualmente, se obtuvo el comportamiento de las temperaturas máximas y mínimas durante el ensayo (Figura 3).

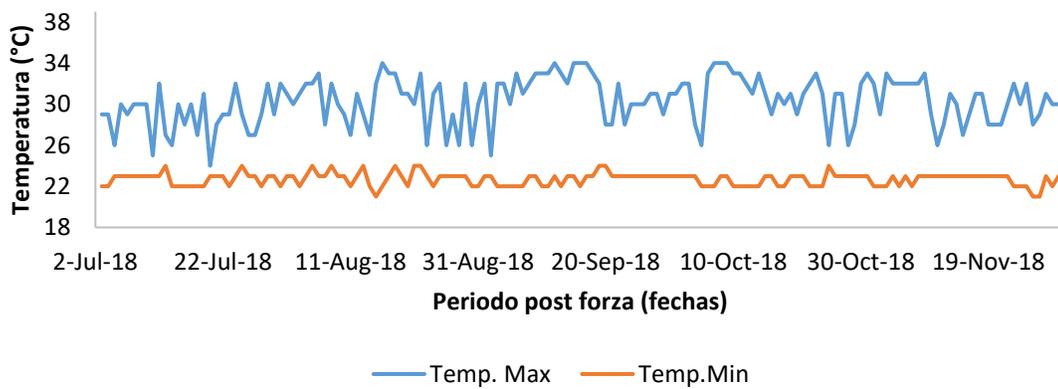


Figura 3. Comportamiento de las temperaturas máximas y mínimas (°C) en los meses de julio a noviembre en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.

Por otro lado, en la Figura 3 se muestra que la temperatura máxima promedio durante el periodo fue de 31 °C, durante los meses de septiembre y octubre, mientras que las temperaturas mínimas reportadas fueron de 22 °C en

promedio en todos los meses. Inclusive se logró identificar diferenciales térmicos de hasta 12°C en un mismo día.

- **Relieve**

El terreno de la finca es bastante irregular, aun así, el acceso y desplazamiento en ella es fácil, debido a la construcción y mantenimiento de caminos. Además, de la elaboración de drenajes primarios y secundarios, para evitar la pérdida de suelo y evacuación de las aguas de lluvias.

- **Características del área de estudio**

La investigación se llevó a cabo en el lote 26, según la distribución de la finca, específicamente en los blocks 36, 37, 38 y 39, la suma de sus áreas corresponde a 1,82 ha, con una densidad total de 67,400 plantas/ha.

En la Figura 4 se muestran los bloques anteriormente mencionados, en la misma se aprecian las divisiones en el interior de cada block, que separaban los diferentes tratamientos. En la misma se aprecia la uniformidad de la plantación y del terreno.



Figura 4. Imagen captada con drone del área de investigación en la finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.

3.2 Periodo de estudio

La investigación dio inicio en julio de 2018, con las primeras labores de toma de muestras de suelo y tejido vegetal, antes de la inducción floral, la cual se realizó el día 03 de julio de 2018. La última toma de datos se dio el 30 de noviembre de 2018, mismo día de la cosecha.

3.3 Material experimental

Se evaluó fruta de piña del híbrido MD-2 en etapa de desarrollo de fruta y cosecha, proveniente de una siembra de hijo guía de 600 g, con un arreglo de siembra en tresbolillo, de una plantación de primera cosecha. La edad a forzamiento de la plantación fue de 263 días, con un peso de 2,5 Kg (5,5 lb), y con una edad de 413 días a cosecha.

3.4 Área y unidad experimental

Se estableció un área experimental total de 11,520 m² distribuidos en los bloques 36, 37, 38 y 39 de acuerdo a la distribución de la finca. Cada bloque tuvo un área experimental de 2,880 m² los cuales se seccionaron longitudinalmente a la mitad y luego transversalmente en tres secciones, obteniendo un total de seis áreas del mismo tamaño.

Se establecieron 24 unidades experimentales de 480 m² cada una (rectángulos de 16 m de ancho por 30 m de largo) distribuidas a razón de seis unidades experimentales en cada uno de los cuatro bloques como se describió anteriormente. En cada unidad experimental se estimó un promedio de 3,264 plantas. Sin embargo, el área efectiva evaluada fue de 84 m² ubicados en el centro de cada unidad experimental, con el fin de eliminar el efecto de borde. Esta área tenía cultivada en promedio 570 plantas.

3.5 Descripción de los tratamientos

Se evaluaron cuatro programas de fertilización post forzamiento, un testigo relativo el cual correspondió a las aplicaciones normales de la finca y un testigo absoluto, al que no se le aplicó ningún tipo de fertilizante a partir del forzamiento, únicamente agua.

Los tratamientos propuestos fueron 200 Kg/ha de KCl, 200 Kg/ha de Ca(NO₃)₂ y 20 Kg/ha de Na₂B₈O₁₃4H₂O para el programa 100%, 150 Kg/ha de KCl, 150 Kg/ha de Ca(NO₃)₂ y 15 Kg/ha de Na₂B₈O₁₃4H₂O para el programa 75%, 100 Kg/ha de KCl, 100 Kg/ha de Ca(NO₃)₂ y 10 Kg/ha de Na₂B₈O₁₃4H₂O para el programa 50%, 50 Kg/ha de KCl, 50 Kg/ha de Ca(NO₃)₂ y 5 Kg/ha de Na₂B₈O₁₃4H₂O para el programa 25%, mientras que el testigo relativo fue una mezcla comercial que utiliza la finca.

El aporte nutricional de los tratamientos evaluados se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Aporte nutricional de los tratamientos de acuerdo con el programa de fertilización en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.

Tratamientos	Programas	Aporte nutricional en Kg/ha						
		N	P	K	Ca	B	S	Mg
1	Programa 100%	31,00	-	99,60	37,18	4,20	-	-
2	Programa 75%	23,25	-	74,70	27,88	3,15	-	-
3	Programa 50%	15,50	-	49,80	18,59	2,10	-	-
4	Programa 25%	7,75	-	24,90	9,30	1,05	-	-
5	Testigo Relativo	1,04	1,84	6,24	1,14	0,60	0,471	0,30
6	Testigo Absoluto	-	-	-	-	-	-	-

A cada mezcla se incorporó 0,5 Kg de ácido cítrico, a excepción del testigo absoluto

Los programas descritos en el Cuadro 2 se aplicaron a los 30, 60, 115, y 125 días después del forzamiento, a excepción del testigo relativo que se aplicó a los 15 y 30 días después del forzamiento.

Las características químicas de las mezclas fueron evaluadas utilizando un potenciómetro pHep®4 y un conductímetro Hanna Modelo HI991300, y presentadas en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Características químicas de las mezclas de fertilizantes aplicadas, en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.

Tratamiento	Programa	pH	CE (ms)	Salinidad (%)
T1	100%	5,7	19,45	1,06
T2	75%	5,7	18,40	0,98
T3	50%	5,7	15,55	0,84
T4	25%	5,6	9,45	0,51
T5	Testigo Relativo	5,1	24,90	1,45
T6	Testigo Absoluto	6,7	0,11	0,10

3.6 Modo de aplicación

Las aplicaciones se realizaron con el uso de un equipo de aspersión halado por un tractor Landini 165 Land el cual circula a una velocidad aproximada de 20 km/h en la marcha tortuga 4, a 1800 rpm. El equipo de aspersión posee dos brazos mecánicos de una longitud de 16,8 m totalmente extendidos. Cada uno cuenta con 59 boquillas de disco y núcleo de cerámica, distanciadas a 30 cm, calibradas para descargar 2650 l/ha a 50 psi.

3.7 Variables de respuesta estudiadas

Durante el ensayo se evaluaron diferentes variables tanto de suelo, planta y fruta. Algunas de ellas fueron en campo y otras enviadas a laboratorios. La mayoría de ellas se evaluaron en el periodo post cosecha, tal y como se muestra en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Variables evaluadas en fruta de piña híbrido MD-2 en post cosecha, en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.

	Variable	Método o instrumento	Periodo	Frecuencia	Etapas
Condición interna	°Brix	Refractómetro Digital	136, 143 y 150 ddf	3 veces (2 en inducción a cosecha y 1 en cosecha)	Post cosecha
	Acidez	Titulador automático	136, 143 y 150 ddf	3 veces (2 en inducción a cosecha y 1 en cosecha)	Post cosecha
	Relación °Brix/acidez	Formula (°Brix /acidez)	136, 143 y 150 ddf	3 veces (2 en inducción a cosecha y 1 en cosecha)	Post cosecha
	Firmeza de pulpa	Penetrómetro	136, 143 y 150 ddf	3 veces (2 en inducción a cosecha y 1 en cosecha)	Post cosecha
Nutrición	Estado nutricional de la planta	Análisis Foliar	2, 41 y 133 ddf	2 veces (al inicio y final)	Desarrollo
	Estado nutricional del suelo	Análisis de suelo	Al inicio	1 vez	Post forzamiento
Condición externa	Tamaño de fruta	Estimación	115, 129 y 143 ddf	Últimas cinco semanas	Desarrollo
	Altura de la corona	Cinta	150 ddf	1 vez	Post cosecha
	Altura de fruta	Cinta	150 ddf	1 vez	Post cosecha
	Diámetro	Formula (C/π)	150 ddf	1 vez	Post cosecha
	Peso de corona	Balanza	150 ddf	1 vez	Post cosecha
	Peso de fruta	Balanza	150 ddf	1 vez	Post cosecha
	Golpe de sol	Visual	150 ddf	1 vez	Post cosecha
	Quema de la corona	Visual	150 ddf	1 vez	Post cosecha

ddf: días después de forzamiento

3.8 Metodología de toma de datos

La fruta cosechada durante el proceso fue dirigida únicamente a calibre 6 (este calibre corresponde a frutas de tamaños grandes), la cual puede variar en el intervalo de 1850 g a 2300 g, esto con intención de estandarizar la muestra. Otra razón de la escogencia de este peso de fruta se debe a que los problemas de baja acidez se registran mayormente en frutas grandes.

Para el análisis de acidez titulable, sólidos solubles totales (SST) y dureza tanto de pulpa como de la cáscara, se evaluaron tres frutas por cada unidad experimental a los 136 días y 143 días después de la inducción floral y posteriormente a la cosecha (150 días después de la inducción floral) se evaluaron doce frutas por cada unidad experimental. Los análisis fueron realizados en la empresa TicoFrut S.A, dedicada al procesamiento de jugos de frutas frescas.

3.8.1 Sólidos solubles totales

Se filtraron 50 ml del jugo de piña con tamiz de 60 mesh. Se agitó la muestra y se colocó un volumen de muestra suficiente para cubrir la superficie del prisma del Refractómetro digital HI 96811. Los resultados se expresaron en grados Brix (°Brix) que es la unidad para expresar el contenido de sólidos solubles de una sustancia. Cada °Brix es equivalente al 1% de sólidos solubles en peso.

3.8.2 Acidez titulable (AT)

Se midió por la titulación de 10 ml de jugo con NaOH 0,1N hasta la neutralización de los ácidos orgánicos a pH 8,2-8,3 en un titulador automático Titronic® 500 Basic. Los resultados se expresaron como porcentaje de ácido cítrico.

3.8.3 Relación °Brix / Acidez

La relación °Brix-Acidez se utilizó para determinar la proporción aritmética de la cantidad de sólidos solubles a la de ácido cítrico y se denota el balance entre los dos, mediante la siguiente fórmula:

Relación = °Brix / Acidez

3.8.4 Firmeza de la pulpa

Se midió con un penetrómetro motorizado Fruit Texture Analyzer (FTA, Güss, Forli, Italia), con una carga máxima de 10 N, a 30 mm·s⁻¹ y 10 mm de profundidad en ambas caras de la zona ecuatorial del fruto tras la remoción de la piel, con un vástago de 7,9 mm, los resultados se expresarán en Kg.

3.8.5 Análisis foliar

Para ello se tomó como referencia la hoja "D". Las muestras se tomaron de cada repetición de los tratamientos, en total se realizaron 24 muestreos, con una cantidad de cinco hojas/repetición, luego se agruparon por tratamientos, para un total de seis muestras.

Con el propósito de tener una secuencia de análisis foliares, se marcó cada planta muestreada con una cinta color amarillo, con la intención de extraer la hoja "D" de las plantas continuas a la planta marcada.

Una vez extraído el material, se procedió a cortar y extraer el tercio medio basal, luego se empacó y se rotuló debidamente para su posterior análisis en el Laboratorio de Análisis Agronómicos del Instituto Tecnológico de Costa Rica. En donde se utilizó el método de Dumas para determinar la concentración de nitrógeno, los elementos calcio, magnesio y potasio por combustión seca y determinación por absorción atómica, mientras que el fósforo espectrofotometría visible.

Se realizaron tres muestreos, el inicial dos días después del forzamiento y posteriormente a los 41 días, y finalmente a los 169 días después del forzamiento.

En la Figura 5 se ilustra la metodología para determinar la hoja "D" y las muestras que se tomaron por tratamiento.



Figura 5. Determinación de hoja "D" (izquierda), muestreo foliar por tratamiento (derecha) en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.

3.8.6 Análisis de suelo

Se realizó un análisis de suelo para evaluar la condición nutricional del área del ensayo mediante un muestreo, que consistió en tomar 24 muestras de suelo, una muestra por cada unidad experimental. Posterior a ello, se homogenizaron las 24 muestras y se extrajo aproximadamente 0,5 Kg de suelo y se envió al Laboratorio de Análisis Agronómicos del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Los resultados fueron obtenidos utilizando el método Olsen Modificado para los elementos K, P, Cu, Mn, Fe, Zn, B y S, mientras que el Ca, Mg y la acidez extraíble con cloruro de potasio y finalmente el pH fue determinado en agua.

3.8.7 Tamaño de fruta

Se realizaron tres estimaciones para evaluar el tamaño de la fruta, el cual es representado en calibres (cantidad de frutas por caja, para exportación), tomando en consideración un 2,2% (72 plantas) de la población de cada unidad experimental.

Para ello, se inició en la cama (hilera de siembra) número tres realizando un muestreo de doce plantas continuas, luego a la cama número cuatro, igualmente tomando en cuenta doce plantas, posteriormente en las camas 7 y

8, y por último en las camas 11 y 12, esto en cada una de las unidades experimentales.

Los muestreos se realizaron a los 115, 129 y 143 días después de la inducción floral, con los resultados se construyó una gráfica que indica el porcentaje de frutas presentes en el área según su calibre. Los calibres de fruta se valoran de acuerdo al peso (Cuadro 5).

Cuadro 5. Clasificación de calibres de fruta de acuerdo con los rangos de peso, en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.

Calibre	Peso mínimo (g)	Peso máximo (g)	Peso promedio (g)	Peso promedio por caja (g)
5	2300	2800	2550	12750
6	1850	2300	2075	12450
7	1600	1850	1725	12075
8	1400	1600	1500	12000
9	1200	1400	1300	11700
10	1080	1200	1140	11400
11	950	1080	1015	11165
12	850	950	900	10800

Estas estimaciones generan un dato de rendimiento en campo, sin embargo, este rendimiento no es confiable debido a que no toda esa fruta tiene potencial para ser empacada, por ello, tomando en consideración datos administrados por la planta empacadora Tropicales del Valle, se decidió tomar un estándar de un 12% de descarte para fruta de exportación. Por tanto, el valor reportado para rendimiento, se encuentra homogenizado a un 12% de descarte.

3.8.8 Alturas

Tanto para la altura de la fruta como para altura de la corona, se registró el dato de las doce frutas cosechadas a los 150 días después de la inducción floral, para ello se utilizó una cinta métrica de marca Stanley. Las frutas y las coronas fueron colocadas verticalmente sobre una superficie plana, y para el caso de la fruta se midió de la base a los hombros de esta, mientras que la corona se midió de la base a la punta de la hoja más alta, como se muestra en la Figura 6.



Figura 6. Medición de la altura de la fruta (izquierda), determinación de la altura de la corona (derecha) en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.

3.8.9 Diámetro

Para esta variable se utilizó una cinta métrica de marca Stanley y se midieron las doce frutas por la mitad de forma transversal obteniendo la circunferencia y para obtener el dato del diámetro se aplicó la fórmula: $\text{Circunferencia} / \pi$.

3.8.10 Peso

Utilizando una balanza Super-SS ($30 \pm 0,005$ Kg) se logró obtener los pesos de la fruta y corona.

3.8.11 Golpe por sol

Para examinar esta variable se utilizaron las mismas 12 frutas cosechadas por unidad experimental a los 150 días después de inducción, destinadas para el análisis en el laboratorio de TicoFrut. Para determinar si existía o no golpe de sol se realizó un corte longitudinal al centro de la fruta y mediante el método visual se determinó si hay o no presencia del daño dentro de la fruta y se cuantificó la cantidad de frutas dañadas.

3.8.12 Quema de corona

Mediante la revisión visual de las coronas, se determinó si existe o no la quema en dicho tejido. En caso de presentarse el daño se cuantificó la cantidad de coronas.

3.9 Diseño experimental

Para la investigación se utilizó un diseño en bloques completos al azar, compuesto de cuatro bloques con seis tratamientos por bloque, debido a la gradiente identificada en el área experimental.

El modelo estadístico para este diseño es el siguiente:

Donde:

μ es la media global de los tratamientos

t_i es el efecto del i-ésimo tratamiento

β_j es el efecto del j-ésimo bloque

ε_{ij} es el error experimental

Bajo este modelo, se asignaron 15 grados de libertad al error experimental (23 g.l. en el total).

3.9.1 Croquis y especificación del diseño de tratamientos

La distribución del área experimental fue en bloques con la misma área, que a su vez se subdividieron cada uno en seis repeticiones que correspondieron a cada tratamiento, como se muestra en el croquis (Figura 7).

B1	3	1	4
	5	2	6
CAMINO			
B4	6	3	2
	5	1	4
CAMINO			
B2	2	5	6
	1	4	3
CAMINO			
B3	5	1	4
	3	6	2

Figura 7. Croquis del área experimental, con sus respectivos bloques y tratamientos, en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.

3.10 Plan de análisis

Para el análisis de la variable tamaño de fruta, se graficó el porcentaje de fruta presente con respecto a cada tamaño o calibre según cada tratamiento, con el objetivo de obtener una curva de tamaños en cada estimación.

La comparación entre tratamientos se realizó mediante la técnica de Modelos Lineales Mixtos y Generales (MLMix), y se realizó una corrección de heterocedasticidad. Al encontrarse diferencias entre tratamientos, se utilizó la Prueba de Comparación Múltiple de Di Rienzo, Guzman y Casanoves (DGC) para dilucidar estas diferencias.

Todos los análisis se realizaron con el programa estadístico InfoStat/P (Di Rienzo *et al.* 2017), con un nivel de significancia de 0,05.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados de análisis de suelos y foliares

Al inicio de la investigación fue importante tomar en consideración la condición química del suelo y la nutrición de la planta. Los resultados del análisis químico de suelo y el análisis foliar inicial, arrojan datos relevantes para este trabajo.

En el caso del análisis de suelo se puede observar en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Estado de fertilidad del suelo en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.

		Cmol(+)/L					mg/L				
		pH	Acidez ext.	Ca	Mg	K	Cu	Mn	Fe	Zn	P
		4,17	2,94	1,01	0,46	0,06	13	23	71	2,24	4,25
Rangos	Mínimo	5,5		4	1	0,2	1	5	5	3	10
	Máximo	7	< 0,5	15	6	0,8	20	50	50	10	40
		Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K	C.I.C.E	% Saturación				
		2,2	16,8	7,7	24,5	4,47	65,77				
Rangos	Mínimo	2	5	2,5	10	< 5	10				
	Máximo	5	25	15	40		30				

En el análisis de suelo que se muestra en el Cuadro 6, se observa como el pH se encuentra por debajo de los niveles óptimos, sin embargo, Jaramillo (1990) y Uriza *et al.* (1996) aseguran que el cultivo de la piña soporta y se desarrolla en condiciones de baja acidez, por otro, lado Espinoza y Molina (1999) agregan que una acidez extrema afecta directamente el crecimiento radicular e igualmente el rendimiento.

También se observa en este análisis que elementos como el calcio, magnesio y potasio se muestran deficientes en el suelo, y aunque su concentración no afecta la relación entre ellas, si pueden afectar directamente la nutrición de la planta. Ya que, una de las funciones más importantes del potasio en conjunto con el calcio, es la de regular el transporte de sustancias dentro de la planta.

El potasio es un elemento de gran importancia en el desarrollo de la fruta, como lo menciona Quaggio *et al.* (2007) este elemento toma un papel importante en el llenado de la fruta, siendo este encargado de la regulación y el paso de soluto vía vascular, incluyendo en este caso la acumulación de sólidos solubles totales y movimiento de ácidos, por tanto, se relaciona altamente con el rendimiento y calidad de los frutos.

Tomando en cuenta que el potasio se encuentra deficiente en los suelos, es apreciable que se deba poner a disposición este elemento, con la intención de dar mayor aprovechamiento a la capacidad genética de la planta.

Sumado a los elementos anteriores, el magnesio además de ser el elemento central de la molécula de clorofila también interviene con los elementos anteriores de forma estructural, formando parte de diferentes enzimas, en resumen, Mengel y Kirkby (2000) mencionan que en conjunto estos elementos mantienen un equilibrio iónico dentro de la planta.

Los elementos como el cobre, el manganeso y el hierro presentan valores aceptables, no así el zinc y el fósforo. Lo cual es un tema importante puesto que, según Amezcua y Lara (2017) indican que el zinc es un elemento que, aunque no sea necesario en cantidad como los macroelementos, si tiene funciones importantes en cuanto al desarrollo del fruto, pues es necesario para la síntesis de proteínas celulares, además de intervenir en la fotosíntesis necesaria para la formación de azúcares utilizados para el llenado del fruto.

Mientras que el fósforo es parte importante en la formación de fosfolípidos necesarios para la construcción de la membrana celular, la misma que permite el paso de sustancias del exterior de la célula a las diferentes organelas, además, está presente en las moléculas de ATP que entre sus tantas funciones, permiten el transporte activo (Gliessman 2002) y por ende este elemento se encuentra ligado al transporte de sustancias dentro de la planta. Por otro lado, la condición foliar de la planta se puede observar en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Estado de fertilidad en planta después de la inducción floral según el programa de fertilización en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.

Tratamiento	DDF	%						mg/L				
		N-Total	K	Ca	Mg	P	S	Cu	Mn	Fe	Zn	B
100%	2	1,45	1,79	0,12	0,15	0,08	0,07	11	338	141	28	14,99
	41	1,56	1,67	0,23	0,18	0,08	0,10	9	420	124	23	36,96
	133	1,74	2,43	0,45	0,25	0,07	0,10	9	663	540	41	37,13
75%	2	1,52	1,87	0,13	0,16	0,08	0,07	11	356	191	26	15,10
	41	1,59	1,75	0,22	0,18	0,10	0,11	9	417	128	43	34,71
	133	1,41	2,28	0,40	0,23	0,07	0,11	7	568	288	24	36,03
50%	2	1,56	1,79	0,11	0,15	0,08	0,10	10	320	135	29	17,58
	41	1,49	1,60	0,20	0,16	0,08	0,10	8	375	119	40	28,57
	133	1,57	2,17	0,40	0,22	0,07	0,10	7	565	219	32	31,06
25%	2	1,45	1,82	0,12	0,16	0,08	0,07	11	341	133	29	15,75
	41	1,53	1,65	0,21	0,17	0,09	0,10	8	399	149	55	21,72
	133	1,50	2,38	0,41	0,22	0,07	0,09	6	560	230	28	23,40
Finca	2	1,45	1,77	0,12	0,15	0,09	0,08	10	363	177	34	18,34
	41	1,55	1,72	0,23	0,19	0,11	0,10	9	424	138	58	24,67
	133	1,40	1,95	0,42	0,24	0,06	0,10	7	612	187	56	25,10
Control	2	1,44	1,74	0,11	0,15	0,08	0,07	10	328	137	35	14,56
	41	1,66	1,72	0,23	0,19	0,10	0,10	9	438	156	18	24,91
	133	1,35	2,31	0,39	0,23	0,07	0,11	7	599	570	43	25,60

DDF: Días después de la inducción floral

En el Cuadro 7 se aprecia el comportamiento de los elementos en planta a lo largo del desarrollo de la fruta, de acuerdo, con los diferentes programas de fertilización. De esta manera, se puede notar como aumenta la concentración de la mayoría de los elementos a lo largo de esta etapa, logrando determinar que la planta tiene la capacidad de absorber nutrientes después del forzamiento tal y como lo demostraron Gambin y Herrera (2012) además de Cruz *et al.* (2012).

Esto es importante, ya que se evidencia que no se debe descuidar la nutrición en ninguna etapa. Las aplicaciones después del forzamiento son necesarias para la formación y desarrollo de la inflorescencia y por consiguiente la fruta Malézieux y Bartholomew (2003)

Para esta investigación, fue importante dar mayor seguimiento a los elementos como el K, Ca y B ya que son los elementos que se proponen en los programas de aplicación. En el Cuadro 7 se puede apreciar como estos tres elementos, conjuntamente con el Mg, aumentan su contenido en la planta conforme avanza el tiempo y las aplicaciones.

Para el caso del K se observa que en los primeros muestreos la concentración es baja, según Gambin y Herrera (2012), se debe a la alta demanda de este elemento en la etapa de diferenciación floral, en donde la planta necesita movilizar sustancias para dar inicio y continuación de la emergencia de la inflorescencia.

Posteriormente, la planta se recupera de esa alta demanda y comienza a estabilizar la concentración, siempre y cuando la planta tenga disponible el elemento Gambin y Herrera (2012) y Cruz *et al.* (2012).

4.2 Condición interna

La maduración es un proceso complejo que genera grandes cambios tanto externa como internamente en la fruta de piña, todos estos procesos

están ligados entre sí. El cambio externo es quizás el más notorio y se da cuando la cáscara empieza su cambio de coloración.

Los pigmentos encontrados en esta fruta son la clorofila, carotenos, xantófilos y antocianinas (Saradhuldhath y Paull 2007). Según Joy y Rajuva (2016) a medida que la maduración avanza la clorofila se va desvaneciendo y comienzan a incrementar los carotenoides en la cáscara y la pulpa, esto hasta la senescencia.

Dos de las características más importantes en calidad para la comercialización de la fruta para jugo, son la acumulación de sólidos solubles totales medido en grados brix, la concentración de ácido cítrico representado en porcentaje de acidez y la firmeza.

Es por ello que se implementan diferentes dosis del elemento K en los programas de fertilización, ya que según Molina (2002) el objetivo de suplir este elemento es promover el rendimiento a través del peso y el tamaño, y la calidad del fruto en general, con indicadores como la acumulación de azúcares, mejorar la firmeza, entre otros, además de mejorar la vida útil en almacenamiento post cosecha.

Sin embargo, estos parámetros de calidad son altamente cambiantes en los procesos finales de maduración (Azcón y Talón 2013); su comportamiento se puede observar en la Figura 8.

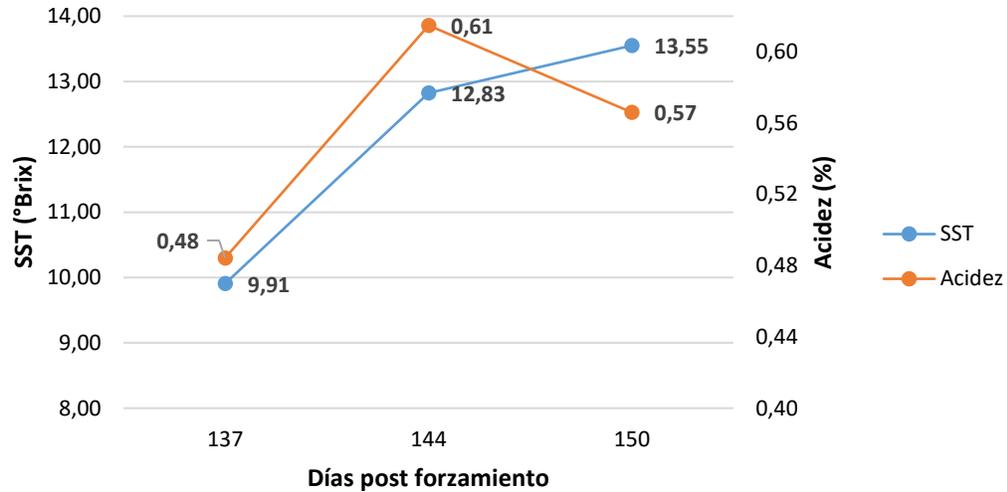


Figura 8. Comportamiento de la acidez y los sólidos solubles totales con respecto a los días post forzamiento en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.

En la Figura 7 se puede observar cómo los SST y la acidez crecen paralelamente en los muestreos a los 137 y los 144 días posteriores al forzamiento. Spironello *et al.* (2004) mencionan que la acidez y SST están altamente relacionados con la actividad del potasio, el cual genera un equilibrio de cargas que inducen a la acumulación de ácido en la vacuola de la célula, además mejora el transporte de azúcares.

Sin embargo, a partir de los 144 días la acidez alcanza un pico máximo de acumulación y posterior a ello, su concentración comienza a disminuir, esto de acuerdo con Saradhulhat, y Paull (2007) se debe en gran parte a la baja actividad de la enzima Citrato Sintasa, la cual es la encargada de catalizar la condensación del acetato proveniente de la acetil-CoA y del oxaloacetato para generar el citrato, el cual a su vez por una serie de reacciones en conjunto con otras enzimas es convertido a ácido cítrico.

En cambio, los SST en la Figura 7 se observa cómo se incrementa conforme avanzan los días, tal y como lo mencionan Biale y Young (1981), Paull (1997) y Seymour *et al.* (1993) los cuales indican que SST se incrementan gradualmente hasta su cosecha.

Aunque lo anterior es un proceso normal que se genera en la maduración, es relevante mantener una acidez alta cercana a la cosecha, ya que, al ser la piña una fruta no climatérica, la misma puede mantener las condiciones durante más tiempo posteriores a la cosecha (Denoya *et al.* 2012)

4.2.1 Sólidos solubles totales (SST)

Para la variable sólidos solubles totales (°brix), fue posible determinar el comportamiento dos semanas antes de cosecha y en la cosecha misma, de acuerdo al programa de fertilización utilizado.

La tendencia en la acumulación de SST fue similar para cada uno de los tratamientos, sin embargo, el T-finca alcanzó el valor más alto, seguido del T100% y el T75% respectivamente, los cuales presentaron diferencias significativas con el resto de tratamientos. (Figura 9)

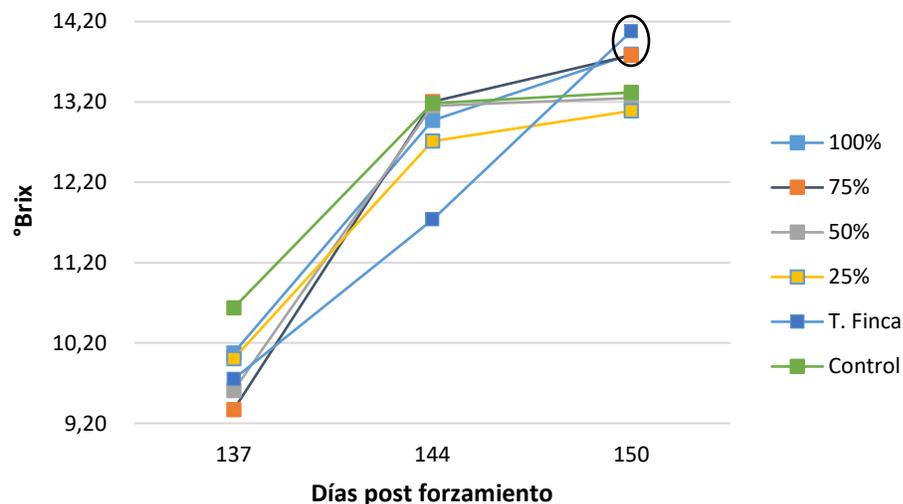


Figura 9. Comportamiento de los sólidos solubles totales tres semanas antes de la cosecha, según tratamientos en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.

En la Figura 8 se puede apreciar que el t-finca es quien reflejó un crecimiento más lineal con respecto a los demás, inclusive es quien presenta el

valor más bajo a los 144 días, indicando que la aplicación de este tratamiento generó una acumulación de SST más rápida días antes a la cosecha.

El T-control inició su proceso de acumulación de azúcares mucho antes que los demás tratamientos, ya que presentó el valor inicial mayor, posterior a ello alcanzó una estabilidad a partir de los 144 días, al igual que el T50%, de igual manera no se presentan diferencias estadísticas entre estos tratamientos.

El T100% dio inicio con un valor de 10°brix al igual que el T25%, pese a ello, conforme la fruta maduró los valores se alejaron y el T100% logró alcanzar uno de los valores más altos (13,79°brix), mientras que el T25% presentó la concentración de SST más bajos (13 °brix). Lo cual concuerda con lo afirmado por Quaggio *et al.* (2007) al indicar que a mayor tasa de aplicación de potasio mejor son los resultados, aunque un exceso de cloruro de potasio puede generar efectos negativos, debido al cloro.

Lo anterior, está altamente relacionado con la información mostrada en el Cuadro 3, ya que, el aumento de la conductividad eléctrica y la salinidad se ve reflejado en un aumento de SST. Indicando que la concentración de iones en cada mezcla tuvo un afecto sobre la translocación de fotoasimilados.

4.2.2 Acidez

En el caso de la acidez el comportamiento es muy semejante a los SST, la tendencia siempre fue la misma, comenzaron en aumento hasta alcanzar un punto máximo, luego conforme la fruta maduró el porcentaje de acidez disminuyó. Tal y como se muestra en la Figura 10.

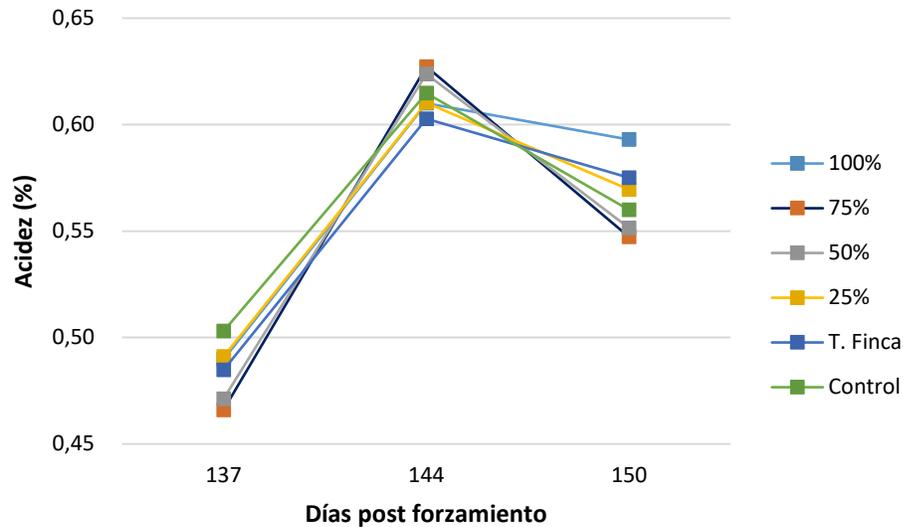


Figura 10. Comportamiento de la acidez según tratamientos, tres semanas antes a cosecha, en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.

En la Figura 9 se observa como el T100% inicia a los 137 días con un valor promedio, pero logra alcanzar el valor más alto al momento de la cosecha teniendo diferencias significativas en relación a los demás tratamientos.

El T75% fue el tratamiento que inició con el valor más bajo a los 137 días y logró alcanzar el punto máximo y superar a los demás tratamientos a los 144 días, sin embargo, al momento de la cosecha obtuvo la concentración de acidez más baja, teniendo diferencias significativas únicamente con el T100%.

El t-control mostró el valor más alto a los 137 días, comportamiento similar sucedió con el °Brix, afirmando nuevamente que la fruta de ese tratamiento inició primero el proceso de maduración,

4.2.3 Firmeza

La textura de la piña cambia gradualmente de muy firme a menos firme a medida que la fruta avanza en la maduración, influenciada por la etapa de madurez en el momento de la cosecha (Bartolome *et al.* 1995), lo anterior se demuestra en la Figura 11.

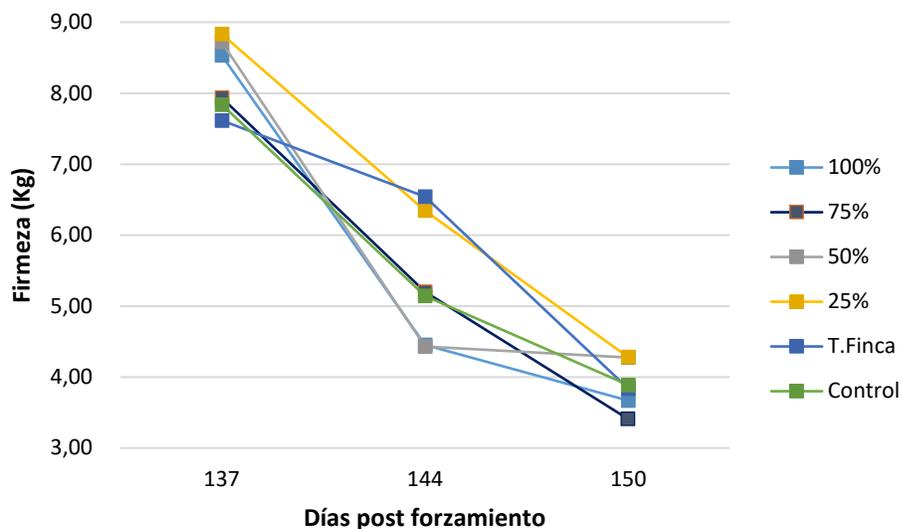


Figura 11. Comportamiento de la firmeza tres semanas antes a cosecha en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018

El T75% presentó la mejor firmeza y además presentó diferencias significativas con el resto de tratamientos, lo que para el proceso industrial de jugo, es importante puesto que puede agilizar el proceso, debido a que ejerce menos resistencia a la extracción del jugo.

La fruta que presentó los valores iniciales y finales más altos fue el T25%, indicando que la fertilización de este tratamiento generó frutas más firmes, con respecto a los demás tratamientos.

4.2.4 Resumen de características internas en fruta

Cada tratamiento demostró incidir mayor o menormente en las diferentes variables evaluadas de condición interna, expresando esas diferencias estadísticamente como se puede observar en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Resumen de resultados de condición interna de piña en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.

Tratamientos	Acidez (%)	SST (°brix)	SST/Acidez	Firmeza (Kg)
T100%	0,59 ± 0,01 A	13,79 ± 0,18 A	23,30 ± 0,71 B	3,67 ± 0,52 A
T75%	0,55 ± 0,02 B	13,78 ± 0,56 A	25,33 ± 1,65 A	3,41 ± 0,40 B
T50%	0,55 ± 0,02 B	13,25 ± 0,27 B	24,08 ± 0,81 A	4,27 ± 0,46 A
T25%	0,57 ± 0,02 B	13,09 ± 0,20 B	23,10 ± 1,16 B	4,28 ± 0,69 A
T-Finca	0,58 ± 0,04 B	14,08 ± 0,71 A	24,95 ± 2,60 A	3,84 ± 0,10 A
T-Control	0,56 ± 0,04 B	13,32 ± 0,31 B	24,34 ± 2,36 A	3,89 ± 0,46 A

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

En el Cuadro 8 se puede determinar que, para la característica de acidez, el T100% fue quien tuvo el valor más alto, además presenta diferencias significativas (p -valor $< 0,05$) en relación a los demás tratamientos.

En cuanto a los SST (°brix) el t--finca fue quien alcanzó el valor más alto, seguido de los tratamientos T100% y T75% respectivamente, los cuales son estadísticamente iguales y presentan diferencias significativas (p -valor $< 0,05$) con respecto a los tratamientos T50%, T25% y t control, este último es quien presentó los grados brix más bajos (Cuadro 8).

El balance de azúcar en las frutas es un importante criterio de calidad de aceptación del consumidor, además de ser un parámetro de importancia para la elaboración de jugo. La relación entre los SST y la acidez, debe de mantenerse entre el rango de 23 a 26². Todos los tratamientos cumplen con este criterio, sin embargo el T75% fue el de mayor relación, estadísticamente igual a los tratamientos T50%, t- Finca y t-Control, los cuales superaron a los tratamientos T100% y T25%.

La característica de firmeza es importante ya que, para la elaboración de jugo, es necesario que la fruta además de las condiciones antes mencionadas no genere resistencia al proceso, es por ello que la empresa TicoFrut S.A indica en sus parámetros de aceptabilidad que el valor máximo de aceptación es de 4 Kg. En este caso la mayoría de los tratamientos estadísticamente

² Rojas A. 06 de junio de 2019. Parámetros deseados para fruta de proceso. (Entrevista). San Carlos. Costa Rica. TicoFut.

presentaron una igualdad en sus valores, solamente el T75% presentó el valor inferior ($3,41 \pm 0,40$ Kg) y fue significativamente diferente (p -valor $< 0,05$) a los demás tratamientos (Cuadro 8).

De manera general, los tratamientos generaron frutas que cumplen en su mayoría con las características internas deseables para el procesado y también para exportación.

La situación anterior pudo haber estado más diferenciada si las condiciones pudieran haber generado algún tipo de estrés a la planta, ya que, según Montaña y Torija (2000) la variación del contenido de ácidos en las frutas puede ser ajena al proceso de maduración y tener mayor influencia la variación de las condiciones climáticas, en especial la alta luminosidad solar, provocando un aumento del ácido ascórbico y disminuyendo el ácido málico.

Asociado a lo anterior y de acuerdo con registros de la empresa TicoFrut, la fruta que presenta los mayores problemas en cuanto a las variables internas son aquellas de calibres altos, por ello se estandarizó el muestreo únicamente a frutas de calibre 6. Otra situación, es que las frutas desarrolladas y cosechadas en época seca son aquellas que presentan una relación brix/acidez más altas, no aceptables para el proceso de jugo, situación que no ocurrió en la investigación debido a que se desarrolló en época lluviosa.

Lo anterior lo fundamenta Molina (2002) indicando que la fruta en condiciones de estrés por sequía acumula mayor cantidad de SST (generando un aumento en la relación), esto se debe a que las plantas que se encuentran bien provistas de K cierran estomas para evitar la pérdida de humedad durante el déficit hídrico y este mismo elemento acelera el proceso de translocación de fotoasimilados de las hojas a los órganos de reserva.

4.3 Variables de rendimiento

La condición interna de la fruta representa un alto valor en cuanto a las características deseables para la elaboración de jugo. Sin embargo, es importante evaluar la fruta de forma externa, ya que, gran parte de la

aceptabilidad de la piña para exportación, tiene que ver con las características externas.

Para ello es importante evaluar tanto el tamaño y el peso de la fruta como de la corona, que aunque esta última no sea útil para la elaboración de jugo o para consumo humano, sí influye directamente con la estética y aceptabilidad en el mercado.

Además, es importante conocer qué tipo de afectaciones en cuanto a las características externas puede inducir los diferentes programas de fertilización aplicados en la investigación.

Es por ello, que fue importante analizar qué características físicas pudieron haber afectado las aplicaciones. Para ello, se realizó un muestreo visual de quema de corona y golpe de sol, el cual no fue significativo, ya que, no se encontró afectación alguna.

Uthairatanakij *et al.* (2013) indican que aplicaciones de boro, calcio y silicio cercanas a la cosecha tiene un efecto en la disminución del problema de golpe de sol y aunque en las aplicaciones descritas en la investigación ninguna genera un aporte de silicio, las aplicaciones generadas por la finca para el manejo fitosanitario de plagas, incluye un aporte de silicato de magnesio, con la intención de proteger la fruta frente a la quema de sol.

En la Figura 12 se puede observar el comportamiento y las diferencias estadísticas del peso de la fruta, expuesta a diferentes programas de aplicación de fertilizantes.

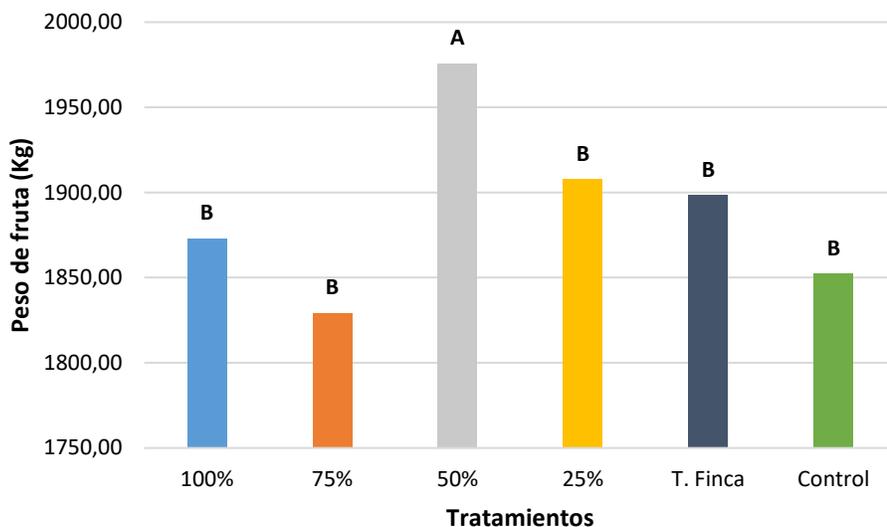


Figura 12. Efecto de los tratamientos de fertilización post forzamiento en relación al peso de la fruta en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.

En la Figura 12 se consigue determinar que el programa 50% logró desarrollar una fruta más pesada, destacando una diferencia significativa (p -valor $< 0,05$) en relación a los demás programas. Se determina que el control es estadísticamente igual a los demás tratamientos exceptuando al T50%.

De acuerdo con Chanbing *et al.* (2018) indican que un aumento en la concentración de boro genera un aumento en el peso del fruto, debido a la mejora en el transporte de nutrientes. Igualmente, Quaggio *et al.* (2007) indican el mismo efecto con la aplicación de potasio.

Lo anterior, concuerda con lo observado en la Figura 12, donde se observa cómo se incrementa el peso de la fruta al aumentar el porcentaje de fertilización, ya que, el tratamiento control que no contempla fertilización post forzamiento expresa un peso de 1852 g, luego aumenta cuando se utiliza el programa de finca, posteriormente, continua creciendo al aumentar la fertilización en un 25%, con respecto al control y este vuelve a aumentar hasta alcanzar el peso mayor con el T50%.

Sin embargo, tratamientos con porcentajes mayores de fertilización al 50% de los programas establecidos, generó que el peso de fruta decaiga al pasar a una fertilización mayor. Esta situación no tiene una explicación clara, la fertilización superior al 50% de las dosis utilizadas es posible que no sea afectiva en cuanto a esta variable, sin embargo autores como Teiwes y Grüneberg (1963) y Kleinhez (1999) consideran que la piña es sensible al cloro, y los tratamientos T100% y T75% son los de mayor aporte de cloruro. No obstante, esto no se puede afirmar mediante esta investigación.

Por otro lado, la variable altura de fruta igualmente presenta diferencias significativas y pueden observarse en la Figura 13.

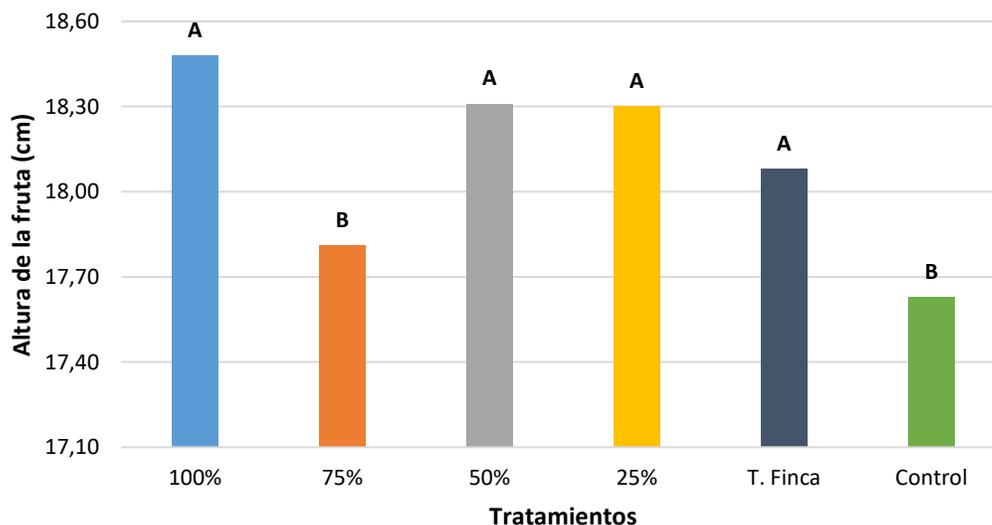


Figura 13. Efecto de cinco programas de fertilización post forzamiento en relación a la altura de la fruta, en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.

Los tratamientos T100%, T50%, T25% y T-finca, son quienes presentan los valores más altos y no existe diferencia estadística entre ellos, por el contrario, estos si presentan diferencias significativas con respecto a los tratamientos T75% y el control.

Por tanto, es posible decir que para esta variable existe una respuesta a la fertilización por encima del control, esta situación se comporta de la misma

manera aun aumentando la dosis de fertilizante, a excepción del T75% el cual se comporta estadísticamente igual que el control, sin embargo no se tiene una explicación clara a este evento.

De igual manera Chanbing *et al.* (2018), Sathya *et al.* (2010) y Quaggio *et al.* (2007) afirman que el aumento en el suministro de los elementos boro y potasio respectivamente, tienen un efecto positivo en la altura de la fruta.

Otra de las variables evaluadas es el diámetro de la fruta, la cual está directamente relacionada con las características de altura y peso de fruta, el comportamiento de esta variable se puede apreciar en la Figura 14.

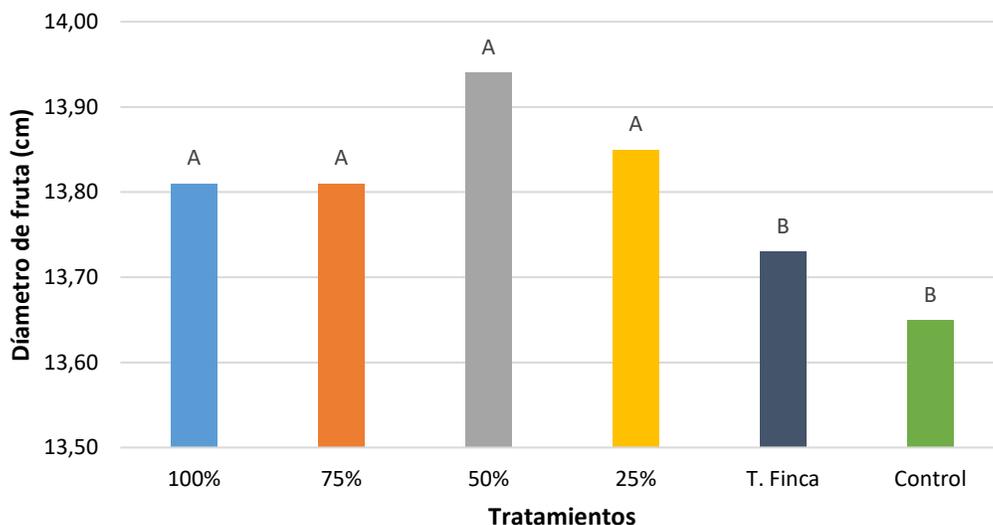


Figura 14. Efecto de cinco programas de fertilización post forzamiento en relación al diámetro de fruta, en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.

Como se logra observar en la Figura 14 los tratamientos T100%, T75%, T50% y T25% presentan semejanza estadística, sin embargo, de acuerdo con una probabilidad menor a 0,05 si existen diferencias significativas con los tratamientos T-finca y control.

A medida que se incrementó la dosis de fertilizante de 25% y 50%, incluyendo el tratamiento de la finca la variable diámetro de fruta se incrementó, sin embargo tuvo una caída con el incremento de fertilización de

75% y 100%, pareciera que este incremento afecta negativamente, contradiciendo lo expuesto por Molina (2002).

Es posible decir que las variables de rendimiento peso, altura y diámetro de fruta, se ven favorecidas con la aplicación del T50%, puesto que, un aumento en las dosis de fertilizante superior a este tratamiento se da una afectación negativa. Sin embargo, mediante esta investigación es difícil determinar que a qué se debe este fenómeno.

4.4 Tamaño de fruta

El rendimiento es uno de los parámetros más importantes en la producción agrícola, debido a que, este nos determina la capacidad de producción que tiene la actividad de acuerdo al manejo que se realice.

En la producción piñera se manejan dos tipos de rendimientos: uno de ellos es el rendimiento por hectárea, el cual nos determina cual es el potencial de un área determinada para producir el producto comercial, sin embargo, el valor más relevante es el rendimiento anual, traducido en cajas exportables de piña por hectárea por año. Este último es más eficiente puesto que muestra el valor real de la capacidad de producción de una finca³.

No obstante, para esta investigación solo se determinó el rendimiento por hectárea, mediante estimaciones en campo, durante cinco semanas antes a cosecha. Esta variable se muestra en la Figura 15.

³Vargas K. 13 de julio de 2019. Rendimientos de la producción Piñera. San Carlos. Costa Rica. Agroindustrial Tres Amigos S.A

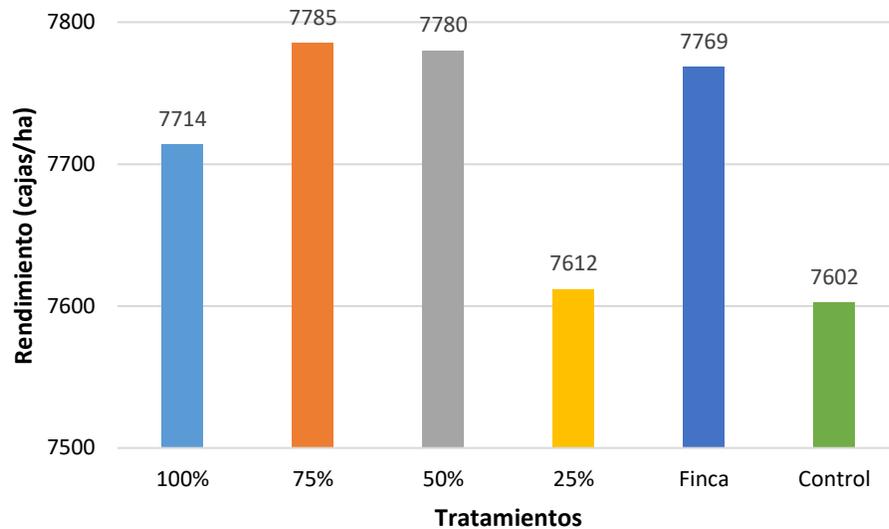


Figura 15. Rendimiento en cajas por hectárea de acuerdo a cada programa de fertilización en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.

En la Figura 15, se muestra los rendimientos de fruta según la estimación en campo y tomando en consideración la reducción de un 12%⁴ debido al descarte en planta para empaque.

Según estos valores y tomando en cuenta una probabilidad menor a 0,05 no existen diferencias significativas entre los tratamientos. Por tanto para esta variable la fertilización post forzamiento no tuvo efectos algunos.

4.5 Variables de corona

Como se mencionó anteriormente es importante conocer las afectaciones de los diferentes programas en cuanto a las características de la corona, ya que este elemento es de gran importancia a nivel de fruta fresca, una de las características que se evaluaron fue el peso de corona, que puede observarse en la Figura 16.

⁴ Fernández M. 13 de julio de 2019. Parámetros de descarte de fruta para exportación. San Carlos. Ingeniero agrónomo independiente.

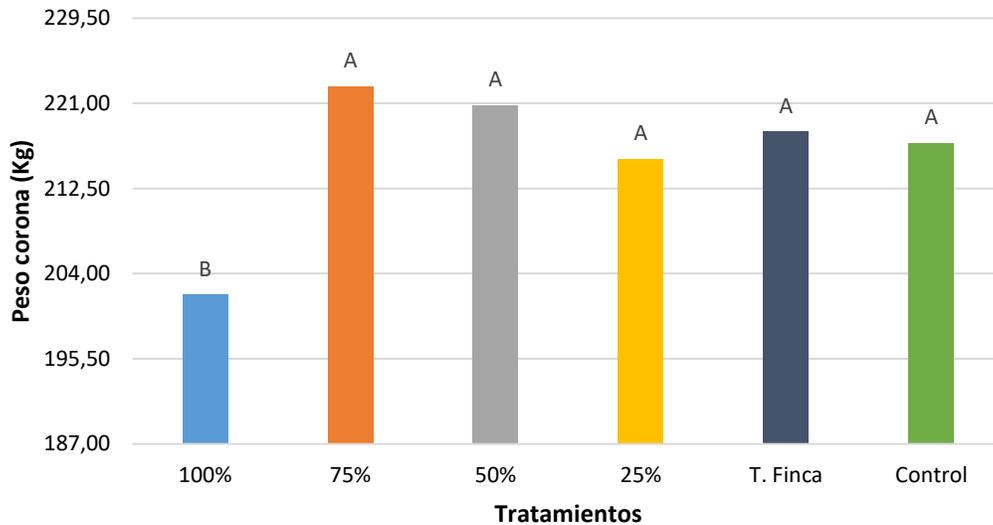


Figura 16. Efecto de cinco programas de fertilización post forzamiento en relación al peso de la corona, en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.

De acuerdo con la Figura 14, los tratamientos T75%, T50%, T25%, T-finca y t-control no presentan diferencias significativas (p -valor $\geq 0,05$) para la variable peso de la corona, por tanto, es posible decir que las dosis de fertilizantes utilizadas en estos tratamientos desarrollan una corona del mismo peso. Solamente, el T100% presenta diferencias significativas (p -valor $\geq 0,05$) con respecto a los demás.

Es posible indicar que esta variable pareciera no ser afectada por el aumento de la concentración de los elementos evaluados, lo cual, lo confirma el t-control, indicando que no existen diferencias estadísticas con los demás tratamientos, a excepción del T100%.

Una razón por la cual el T100% presenta el valor más bajo, es que puede estar influenciado por un exceso del elemento boro, que según Smith *et al.* (1989) las grandes concentraciones de boro generan un estancamiento en el crecimiento de las hojas y el peso seco de las plantas. Tomando en consideración esto y que la corona está formada por hojas, se podría afirmar que existe un efecto de exceso de elemento. Además, Smith *et al.* (1989) menciona que los frutos no son afectados en cuanto a la condición interna.

Situación semejante ocurre en la variable altura de corona. (Figura 17).

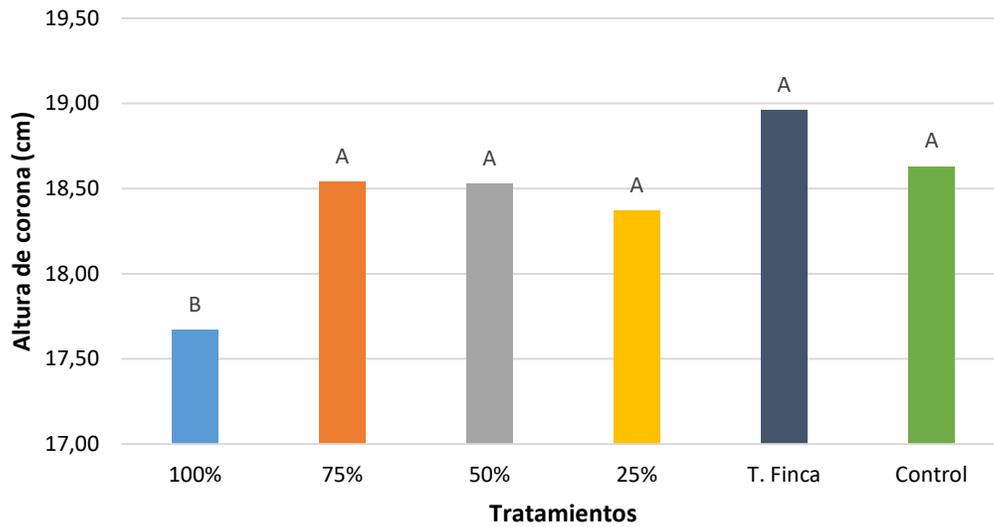


Figura 17. Efecto de cinco programas de fertilización post forzamiento en relación a la altura de la corona en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.

De igual forma existe el mismo comportamiento de la variable peso de corona, en donde el T100% es quien presenta el valor más bajo y además diferencias significativas con el resto de tratamientos, lo cual corrobora lo mencionado por Smith *et al.* (1989).

Por otro lado, es importante conocer la relación fruta corona, ya que, para un mercado de fruta fresca esta variable es de interés. (Figura 18)

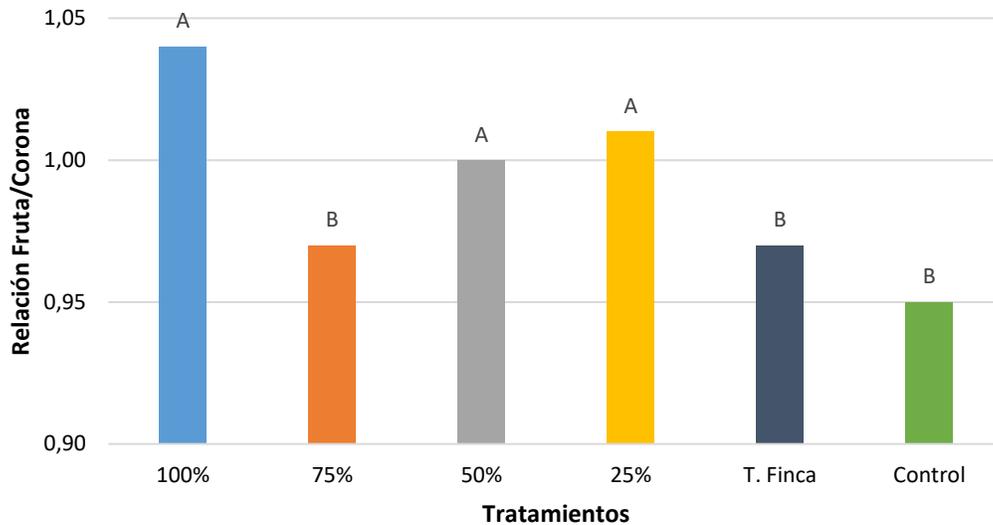


Figura 18. Efecto de cinco programas de fertilización post forzamiento de acuerdo a la relación fruta/corona, en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.

En el caso de la relación fruta/corona se logra determinar que los tratamientos T100%, T50% y T25% no presentan diferencias significativas entre ellos, pero sí con respecto a los tratamientos T75%, T finca y T control, los cuales se encuentran por debajo de 1 en la relación.

La relación que existe entre la fruta y la corona es un parámetro importante, que de acuerdo con Fernández (2019) esta relación debe estar entre un rango óptimo de 0,75 a 1,25 para tener mayor aceptación en el mercado.

Tomando en consideración lo anterior, es posible determinar que los tratamientos presentan valores aceptables en un mercado de fruta fresca. Aun existiendo diferencias significativas.

Por último, se realiza un análisis económico con los costos variables de los diferentes tratamientos propuestos en la investigación, el cual se observa en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Análisis económico por hectárea de acuerdo a cada programa de fertilización en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.

Tratamientos	Costos totales de aplicación/ha (¢)	Rendimiento/caja/ha	Venta/ha (¢)	Utilidad parcial/ha (¢)	Diferencia (> a < rentable)
Tratamiento 50%	114 903	7780	11 057 558	10 942 655	-
Tratamiento 75%	139 321	7785	11 064 665	10 925 344	17 311
Finca	176 603	7769	11 041 924	10 865 321	77 334
Tratamiento 100%	163 738	7714	10 963 754	10 800 016	142 639
Control	64 624	7602	10 804 571	10 739 947	202 708
Tratamiento 25%	90 486	7612	10 818 783	10 728 297	214 358

En el Cuadro 9 se presentan los datos correspondientes al costo total variable de los tratamientos, el rendimiento, la venta, la utilidad parcial y la diferencia de esa utilidad por hectárea. Además, se encuentran ordenados de mayor utilidad parcial a menor utilidad. Esta utilidad solo contempla los costos de fertilizantes y mano de obra de aplicación, sin considerar las demás prácticas que se realizan a la plantación.

Según este cuadro, se puede determinar que el T50% es el tratamiento que obtiene mayor utilidad, tomando en consideración que supera al T75% el cual es quien generó el mayor rendimiento. Esto se debe a que el costo de aplicación del T50% es inferior al T75%.

Es importante resaltar que el t-finca es el tratamiento de mayor costo aunque se aplicó solamente en dos ciclos y se encuentra de tercero por debajo del T50%. Según las diferencias de utilidad parcial entre estos dos tratamientos, es posible indicar que la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A deja de percibir setenta y siete mil trescientos once colones (¢77 334,00) por cada hectárea en desarrollo de fruta, con respecto al T50%.

Tomando en consideración el área productiva de la finca, en un año la misma podría percibir más de cincuenta millones de colones (> ¢ 50 000 000,00) si utilizara el tratamiento T50%.

Por otro lado, la diferencia que existe entre el T50% y el t-control es de doscientos dos mil setecientos ocho colones (¢ 202 708,00) por hectárea, lo cual indica que una fertilización post forzamiento además de mejorar las condiciones de rendimiento y características internas también puede generar mayor utilidad a la empresa.

No obstante, se debe contemplar una fertilización superior a un 25%, ya que este tratamiento se encuentra por debajo del control en cuanto a utilidad parcial.

5. CONCLUSIONES

Se logró determinar que existe un efecto positivo con la fertilización post forzamiento, en donde el programa 100% es el que alcanza la acidez más alta.

Los tratamientos t- finca, el T100% y el T75% son quienes alcanzaron los SST más altos, presentando semejanza estadística entre ellos.

Según los resultados de relación °brix/acidez, todos los tratamientos son aceptables para procesado.

El tratamiento T75% presentó el valor más bajo en cuanto a firmeza de pulpa, indicando que las frutas tratadas con este programa presentan menor resistencia para el proceso de extracción de jugo.

Se determinó que no existen diferencias significativas en cuanto al rendimiento de cajas por hectárea.

De acuerdo al análisis económico se logró determinar que el T50% es el tratamiento que genera mayor utilidad parcial, superando al t-finca; este último es el tratamiento económicamente más costoso.

Se determinó que todos los tratamientos mostraron valores aceptables tanto para el proceso de jugo como para exportación, sin embargo, el T50% es el tratamiento de mayor ventaja por obtener la mayor utilidad parcial.

6. RECOMENDACIONES

Se sugiere a la finca utilizar alguno de los programas propuestos a excepción del testigo absoluto, puesto que, demostró ser uno de los de menor utilidad parcial, además de que puede generar susceptibilidad en la planta por la baja nutrición a través del tiempo.

Se recomienda realizar la misma investigación en época de baja precipitación, en donde la planta puede manifestar comportamiento diferente por la presencia de menos aguas.

Se recomienda dar seguimiento al tratamiento T50%, ya que este presenta datos relevantes en las variables de rendimiento, calidad suficiente y mayor utilidad económica.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Amezcuca J, y Lara M. 2017. El zinc en las plantas. León, México. 68(3):28-35.
- B. 2000. Manejo Post-Cosecha de Productos Agrícolas. 2 ed. San José, CR, EUNED. 228 p
- Arias, C; y Toledo, J. 2000. Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales (papaya, piña, plátano, cítricos). FAO, Rome, Italia.
- Azcón-Bieto, J; & Talón, M. 2013. Fundamentos de fisiología vegetal. 2 ed. McGraw-Hill Interamericana de España, S.L. Barcelona, España.
- Barrientos O. y Porras S. 2010. Cadena Productiva de piña. Políticas y Acciones. (en línea) Sector Agropecuario. Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria, SEPSA y Ministerio de Agricultura y Ganadería, MAG. Heredia, Costa Rica. p 14. Disponible en: <http://www.infoagro.go.cr/MarcoInstitucional/Documents/Politica-Pi%C3%B1a.pdf>
- Bartholomew DP; Malézieux E.1994. Pineapple In: Schaffer B, Andersen PC, editors. Handbook of environmental physiology of fruit crops. Boca Raton, Florida: CRC Press; pp. 243–291.
- CANAPEP. 2016. ¿Por qué la producción de piña en Costa Rica es un sector esencial para la economía? (en línea). San José. Costa Rica. Disponible: <https://canapep.com/produccion-pina-costa-rica-sector-economia/>
- Castañeda, P. 2003. Manual Técnico: Seminario sobre la producción y manejo post cosecha de la piña para exportación. (en línea). San Salvador, Salvador. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/151948546/Manual-pina-costa-rica>
- Castro, Z. 1994. Cultivo de la Piña. En Cortez, G. y UNED. Atlas agropecuario de Costa Rica. p 193-204. EUNED. San José. Costa Rica.
- Changbin W. Zhiling M. Yuge L. Jian Q. y Guangming S. 2018. Effect of boron on fruit quality in pineapple. China. 7p.

- Chen, C. and Paull, R.E. 2000. Sugar metabolism and pineapple flesh translucency. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 125(5): 558-562.
- Collins, J.L. 1960. *The pineapple*. London. Leonard Hill. p 294.
- Cote, F.X. 1988. Photosynthèse et photorespiration d'une plante à métabolisme crassulacéen: *Ananas comosus* (L.) Merr. Etude des échanges gazeux. Vol. Ph.D. Université Paul Sabatier, Toulouse.
- Cruz, D. Murillo, A. y Herrera, D. 2012. Crecimiento y absorción de nutrientes en piña (*Anana comosus*, var. MD-2) en el trópico húmedo de Costa Rica p.37.
- Cunha G. 2005. Applied aspects of pineapple flowering. *Bragantia* 64: 499–516.
- Denoya, G. I; Ardanaz, M; Sancho, A. M; Benítez, C. E; González, C; y Guidi, S. 2012. Efecto de la aplicación de tratamientos combinados de aditivos sobre la inhibición del pardeamiento enzimático en manzanas cv. Granny Smith mínimamente procesadas. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 38(3), 263-267.
- Domene, M; y Segura, M. 2014. Parámetros de Calidad Interna de Hortalizas y Frutas en la Industria Agroalimentaria. (en línea). Ficha de Transferencia. Camajar. 1: (005), 1-18. Disponible en: <https://www.grupocooperativocajamar.es/recursos-entidades/pdf/bd/agroalimentario/innovacion/formacion/materiales-y-documentos/005-calidad-interna-1410512030.pdf>
- Espinoza, J. y Molina, E. 1999. Acidez y encalado de los suelos. INFOPOS, Ecuador.
- FAO. 2019. Portal de Suelos de la FAO. Propiedades químicas. Disponible en: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>
- Fassinou Hotegni VN, Lommen WJM, Agbossou EK, Struik PC (2015) Influence of weight and type of planting material on fruit quality and its heterogeneity in pineapple [*Ananas comosus* (L.) Merrill]. *Front Plant Sci* 5: 798

- Fernández, M. 2019. Manual de calidad de piña para empaque de Tropicales del Valle. San Carlos. Costa Rica.
- Fishman, S; y Génard, M. 1998. A biophysical model of fruit growth: simulation of seasonal and diurnal dynamics of mass. *Plant Cell Environ.* 21 (8), 739–752
- Friend DJ; y Lydon J. 1979. Effects of daylength on flowering, growth, and CAM of pineapple (*Ananas comosus* [L.] Merrill). *Bot Gaz* 140: 280–283.
- Gadea, A. 2010. Caracterización de la calidad de la fruta de piña híbrido MD-2 (*Ananas comosus*), destinada a proceso para la obtención de jugo pasteurizado y concentrado, La Cruz, Guanacaste, Costa Rica. (en línea). Tesis Bach. La Cruz, Guanacaste, Costa Rica. ITCR. Disponible en <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/2833/>
- Gambin, J.S. y Herrera, D. 2012. Curvas de Absorción de Nutrientes en el Cultivo de Piña (*Ananas comosus* VAR. MD-2). (en línea). Limón. Costa Rica. *Tierra Tropical.* 8 (2): 169-178. Disponible en <http://tierratropical.org/es/editions/issue-8-2-2012/nutrient-absorption-curves-for-pineapple-ananas-comosus-var-md-2/>
- Gamboa, S. B. 2011. Caracterización vegetativa y productiva del cultivar MD-2 de piña (*Ananas comosus*) bajo las condiciones climáticas de Turrialba. *InterSedes.* Turrialba. San José. Costa Rica. 6 (11) 27-34. ISSN: 1409-4746.
- García, A. 2008. Evaluación de un tratamiento postcosecha de la Tecnología IV gama en frutos de moras (*Rubus glaucus* Benth). (en línea). Aragua. Venezuela. Disponible: <http://www.redalyc.org/pdf/813/81311226007.pdf>
- García, A. y Guardiola, JL. 2008. Transporte en el floema. In Azcón-Bieto, J. y Talón, M. (eds.). *Fundamentos de fisiología vegetal.* 2da ed. Madrid (ES) : McGraw-Hill. p. 81-102. ISBN 978-84-481-5168-3.
- Garita, R. A. 2014. *La Piña.* Editorial Tecnológico de Costa Rica. 1 ed. Cartago. Costa Rica. p 568.

- Génard, M; Lescourret, F; Gomez, L; Habib, R. 2003. Changes in fruit sugar concentrations in response to assimilate supply, metabolism and dilution: a modeling approach applied to peach fruit (*Prunus persica*). *Tree Physiol.* 23, 373–385.
- Gliessman, S. R. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. *Catie*.
- Guido M. 1983. La Piña: Guía técnica para el cultivo de la piña (*Ananas comosus* L). IICA. Venezuela. p 20. Disponible en <https://books.google.co.cr/books?id=Zu8qAAAAYAAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Hepton A. 2003. Cultural system In: Bartholomew DP, Paull RE, Rohrbach KG, editors. *The pineapple: botany, production and uses*. Wallingford, UK: CABI Publishing; pp. 109–142.
- Izawa, K; Animo, Y; Kohmura, M; Ueda, Y; Kuroda, M. 2010. Human Environment Interaction Taste. In Mander, L; Wen, H. (eds). (en línea). *Comprehensive Natural Products II*. Elsevier. p. 631-671. Disponible en <https://books.google.co.cr/books?id=pkzx2TeYYT8C&pg=RA3-PA631&lpg=RA3PA631&dq=Human+Environment+Interaction+Taste&source=bl&ots=LHvO45Mqug&sig=kleYKmd1PBMnftY7EdVHzR0DpQ&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwib7qStitfaAhVoU98KHZR0AV8Q6AEIKjAA#v=onepage&q=Human%20Environment%20Interaction%20Taste&f=false>
- Jaramillo, V. 1990. El cultivo de la piña. Primer Congreso Nacional de Fruticultura. PROTECA. Ambato, Ecuador. p. 48.52
- Jiménez, JA. 1999. El cultivo de piña de exportación. 1a ed. ET. San José Costa Rica. 221 p. ISBN 9977-66-104-9.
- Jiménez, JA. 1999, Manual práctico para el cultivo de piña de exportación. ET. Cartago, Costa Rica. 224 p.

- Joy, P. y Rajuva R. 2016. Harvesting and post-harvest handling of pineapple. Pineapple Research Station. p 25.
- Kimball, D.A. (1984) Factors affecting the rate of maturation of citrus fruits. (en línea). Proceedings Florida State Horticultural Society, 97:40-44. Disponible en [https://fshs.org/proceedings-o/1984-vol-97/40-44%20\(KIMBALL\).pdf](https://fshs.org/proceedings-o/1984-vol-97/40-44%20(KIMBALL).pdf)
- Kader, A.A. 2007. Tecnologías post cosecha de Cultivos Hortícolas. 3 ed. California. USA. p 570.
- Kumari, U; y Deb, P. 2018. Effect of Foliar Application of Zinc and Boron on the Physical Parameters of Pineapple cv. Mauritius. (en línea). International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 7: 397-402. Disponible en: <https://www.ijcmas.com/special/Usha%20Kumari%20and%20Prahlaad%20Deb.pdf>
- Lacoeuilhe, J.J. 1978. La fumure N-K de l'ananas en Côte d'Ivoire. Fruits, 33:341-348
- Leal, F. 1989. On the History, Origen and Taxonomy of the Pineapple. Interciencia. 14 (5): p. 235-241.
- Lescourret, F; Génard, M; Habib, R; Fishman, S. 2001. Variation in surface conductance to water vapor diffusion in peach fruit and its effects on fruit growth assessed by a simulation model. Tree Physiol. 21 (11), 735–741.
- Malézieux, E. y Bartholomew, DP. 2003. Plant nutrition. En Bartholomew, DP; Paull, RE. y Rohrbach, KG. (eds.). The pineapple: botany, production and uses. Oxon (UK) : CABI Publishing. p. 143-166. ISBN 0-85199-503-9.
- Marchal, J; Pinon, A; y Teisson, C. 1981. Effets de la forme d'engrais potassiques sur la qualité de l'ananas en Côte d'Ivoire. Fruits. Paris. Francia. 36:341-348.
- Márquez, C. J; Otero, C. M; y Cortés, M. 2007. Cambios fisiológicos, texturales, fisicoquímicos y microestructurales del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.) en poscosecha. Vitae, Medellín, Colombia. 14(2).

- Mengel, K.; Kirkby, E. A. 2000. Principios de nutrición vegetal. Traducción al español de la 4ª edición (1987). Internacional Potash Institute. Basel, Switzerland. 692 p.
- Merril, E. D. 1917. An interpretation of Rumphius's. Herbarium Amboinense. (en línea). Bureau of Science, Manila. Disponible en <https://www.biodiversitylibrary.org/item/151090#page/5/mode/1up>
- Molina, E. A. 2002. Fertilización foliar de cultivos frutícolas. In Fertilización foliar: principios y aplicaciones. Meléndez, G. y Molina, E. A. (eds). (en línea). San José, Costa Rica. UCR. Disponible en https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/39390677/librosagronomicos.blogspot.mxMemoria_Curso_Fertilizacion_Foliar.pdf
- Montaña, M; y Torija, M. E. (2000). Caracterización de derivados de piña: zumos y néctares. Universidad Complutense de Madrid. (en línea). Tesis de Doctorado. Madrid. España. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=15094>
- Montero, M y Cerdas M. (2005). Guías técnicas del manejo postcosecha para el mercado fresco. (en línea). San José. Costa Rica. MAG Disponible: http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec-pina-pre-pos.pdf
- Montoya, M. 2012. Cuantificación del Mercado Secundario de Piña de la Variedad MD-2 en Costa Rica. (en línea). Tesis Lic. Guácimo, Limón, Costa Rica. EART. Disponible en <http://www.pnp.cr/index.php/en/literature-and-bibliography/bibliografia/diagnostico-2014/157-pg66-2012-montoyam-cuantificacion-mercado-secundario/file>
- Paula, M.B; Carvalho, V.D; Nogueira, F.D; y Souza, L.F. 1991. Efeito da calagem, potássio e nitrogênio na produção e qualidade do fruto do abacaxizeiro, Pesquisa Agropecuária Brasileira 26:1337-1343.
- Paull (1993). Pineapple and Papaya. In Seymour, G.B. Taylor, J.E. y G.A (eds). Tucker Biochemistry of Fruit Ripening. 1ed. Chapman & Hall. Malasia. p 291-323. Disponible en <https://www.springer.com/la/book/9780412408304>

- Paull, R.E. 1997. Pineapple. En Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits. S.K. Mitra (ed). CAB International. Nueva York, USA. p. 291-323.
- Paull R.E; y Chen C.C. 2003. Postharvest physiology, handling and storage of pineapple, pp. 253-279. In: D.P. Bartholomew, R.E. Paull and K.G. Rohrbach (eds). The pineapple: Botany, production and uses. CABI publishing.
- Peña, H; Díaz, J; Martínez, T. 1996. Fruticultura Tropical. Primera Parte. Editorial Félix Varela. Bogotá. Colombia. p 234.
- Pérez M. 2010. Trazabilidad para exportación. Empresa LyL Proyectos MMV S.A. (en línea). San Carlos, Costa Rica. p 218. Disponible en: <https://www.yumpu.com/es/document/view/15697304/trazabilidad-para-exportacion-lyl-proyectos>
- PROCOMER (Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica). 2008. Perfil producto piña. (en línea). Costa Rica. p 16. Disponible en <http://servicios.procomer.go.cr/aplicacion/civ/documentos/Perfil%20Producto%20Pina.pdf>
- Pulido B. P. 2000. Caracterización de la biología floral de la piña nativa en el piedemonte caqueteño y su respuesta a la inducción con etileno. Trabajo de Grado. Facultad de Ciencias Biológicas. Departamento de Biología. Universidad de los Andes
- Py, C. 1969. La piña Tropical. Editorial Blume.
- Py, C; Lacoeyllhe, J.J; y Teisson, C. 1984. L'ananas, G.P. Maisonneuve et Larose et ACCT, Paris, France.
- Quaggio, J. A; Teixeira, L. A. J; Cantarella, H; Mellis, E. V; y Sigrist, J. M. 2007. Post-harvest behaviour of pineapple affected by sources and rates of potassium. In VI International Pineapple Symposium. pp. 277-284.

- Quilot, B; Génard, M; Kervella, J; Lescourret, F. 2004. Analysis of genotypic variation in fruit flesh total sugar content via an ecophysiological model applied to peach. *Theor. Appl. Genet.* 109 (2), 440–449.
- Sairi, M; Law, J. Y; y Sarmidi, M. R. 2004. Chemical composition and sensory analysis of fresh pineapple juice and deacidified pineapple juice using electro dialysis. *Universiti Teknologi Malaysia.*
- Sanford, W.G. 1962. Pineapple Crop log-concept and development. *Better Crops Plant Food.* p 32-43.
- Sathya, S., Mani, S., Mahendran, P. P., & Arulmozhiselvan, K. 2010. Effect of application of boron on growth, quality and fruit yield of pkm 1 tomato. *Indian Journal of Agricultural Research*, 44(4).
- Saradhulhat, P., & Paull, R. E. 2007. Pineapple organic acid metabolism and accumulation during fruit development. *Scientia Horticulturae*, 112(3), 297-303.
- Smith, G. S., & Clark, C. J. (1989). Effect of excess boron on yield and post-harvest storage of kiwifruit. *Scientia Horticulturae*, 38(1-2), 105-115.
- Smith, L.B. 1934. Geographical evidence on the lines of evolution in the bromeliaceae. *Botanische Jahrbücher für Systematik Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie*, Stuttgart, v. 66, p. 446-448.
- Sossa, E. L; Agbangba, C. E; Accalogoun, S. G. G. S; Amadji, G. L; Agbossou, K. E., & Hounhouigan, D. J. 2017. Residues Management Practices and Nitrogen-Potassium Fertilization Influence on the Quality of Pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merrill) Sugarloaf Fruit for Exportation and Local Consumption. (en línea). *Agronomy*, 7(2), 26. Disponible en: <http://www.mdpi.com/2073-4395/7/2/26>
- Spironello, A; Quaggio, J.A; Teixeira, L.A.J; Furlani, P.R; y Sigrist, J.M.M. 2004. Pineapple yield and fruit quality effected by NPK fertilization in a tropical soil. *Revista Brasileira de Fruticultura* 26:155-159

- Souza, L.F.S. 1999. Correção de acidez e adubação. p.169-202. In: Cunha, G.A.P., Cabral, J.R.S. and Souza, L.F.S. (eds.), O abacaxizeiro: cultivo, agroindústria e economia. EMBRAPA, Brasília, Brazil.
- Teisson, C., Lacoeyilhe, J.K. and Combres, J.C. 1979. Le brunissement interne de l'ananas. V. Recherches des moyens de lutte. Fruits 34:399-415.
- Teiwes, G. Grüneberg, F. 1963 Conocimientos y experiencias en la fertilización de la piña. Boletín Verde, Hannover, v.3, p.1-67.
- Kleinhenz, V. 1999. Sulfur and chloride in the soil-plant system. Central Queensland University. Germany.
- Tellez, C. P; Fischer, G; y Quintero, O. 1999. Comportamiento fisiológico y físico-químico en la poscosecha de curuba de Castilla (*Passiflora mollissima* Bailey) conservada en refrigeración y temperatura ambiente. Agronomía Colombiana, 16(1-3), 13-18. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/25075>
- Uriza, D., Rebolledo, A., Zárate, R., Orona, J., Reyes, J., & Mosquera, R. (1994). Manual de producción de piña para Veracruz y Oaxaca. INIFAP, Veracruz, México
- UTEPI. 2006. Piña. Estudio Agroindustrial en el Ecuador. Competitividad de la Cadena de Valor y Perspectivas de Mercado. (en línea). Programa Integrado MICIP-ONUDI, Quito, Ecuador. Disponible en: https://issuu.com/mipro/docs/piniaestudio_agroindustrial
- Uthairatanakij, A; Aiamla-or, S; y Jitareerat, P. 2013. Preharvest calcium effects on internal breakdown and quality of 'Pattavia' pineapple during low temperature storage. (en línea). In II Southeast Asia Symposium on Quality Management in Postharvest Systems 1088 (pp. 443-448). Disponible en: http://www.actahort.org/books/1088/1088_78.htm
- Vardi, A; Levin, I; y Carmi, N. 2008. Induction of seedlessness in Citrus: From classical techniques to emerging biotechnological approaches. Journal of

the American Society for Horticultural Science 133 (1):117-126. Disponible en:<http://journal.ashspublications.org/content/133/1/117.full>

Wei, C; Ma, Z; Liu, Y; Qiao, J; y Sun, G. 2018. Effect of boron on fruit quality in pineapple. In AIP Conference Proceedings. AIP Publishing.

Wills, R.B.H; Lim, J.S.K; Greenfield, H. 1986. Composition of Australian foods 31. Tropical and subtropical fruit. Food Technol. Aust. 38 (3), 118-123.

Vélez, M. R. G. 2008. Reflexiones sobre problemas de biología reproductiva del mango Ataulfo en el Soconusco, Chiapas. México. 21(1) 174-183. Disponible en http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/viewFile/1350/1252

8. ANEXOS



Anexo 1. Recolección de muestras para análisis de laboratorio, en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.



Anexo 2. Descoronado de fruta para toma de pesos y alturas, en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.



Anexo 3. Muestreo de peso de fruta, en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018. Amigos, 2018.



Anexo 4. Medición de altura de la corona, en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018.



Anexo 5. Toma de pesos de corona, en la Finca Agroindustrial Tres Amigos S.A, Alajuela, Costa Rica, 2018



Anexo 6. Muestreo de firmeza en pulpa de fruta, en el Laboratorio de TicoFruT, Alajuela, Costa Rica, 2018.



Anexo 7. Proceso de licuado de fruta para la extracción de jugo en el Laboratorio de TicoFrut, Alajuela, Costa Rica, 2018.



Anexo 8. Extracción de 50 ml de jugo para medición de °brix en el Laboratorio de TicoFrut, Alajuela, Costa Rica, 2018.



Anexo 9. Medición de °brix mediante el refractómetro digital, en el Laboratorio de TicoFrut, Alajuela, Costa Rica, 2018.



Anexo 10. Muestreo de acidez mediante titulación automática en el Laboratorio de TicoFrut, Alajuela, Costa Rica, 2018.