



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Efecto del Etefón en el desarrollo, floración, y calidad del fruto de la piña MD2 *Ananas comosus*, en condiciones del Valle del Cauca

Jorge Álvaro Rengifo Chavarría

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Palmira, Colombia

2013

Efecto del Etefón en el desarrollo, floración, y calidad del fruto de la piña MD2 *Ananas comosus*, en condiciones del Valle del Cauca

Jorge Álvaro Rengifo Chavarría

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título
de: **Magister en Ciencias Agrarias**

Director

Jaime Eduardo Muñoz Florez I.A. Ph. D.

Línea de Investigación:
FRUTALES TROPICALES

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Palmira, Colombia

2013



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE PALMIRA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ACTA DE JURADO DE TESIS

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRARIAS
LINEA DE INVESTIGACIÓN
FRUTALES TROPICALES

En Palmira a los 02 días del mes de Diciembre de 2013, se reunió en esta Sede el Jurado Calificador de Tesis, integrado por los doctores SARA MEJIA DE TAFUR y JUAN CARLOS VACA VACA. Para calificar la Tesis de Grado de:

JORGE ALVARO RENGIFO CHAVARRIA

Titulada:

"EFECTO DEL ETEFÓN EN EL DESARROLLO, FLORACIÓN, Y CALIDAD DEL FRUTO DE LA PIÑA MD2 *ananas comosus*, EN CONDICIONES DEL VALLE DEL CAUCA" bajo la dirección del Profesor Jaime Eduardo Muñoz, PhD.

Después de oír el informe del jurado evaluador compuesto por los doctores SARA MEJIA DE TAFUR y JUAN CARLOS VACA VACA, y de haber cumplido con el proceso de evaluación, la tesis fue calificada como:

APROBADO X

REPROBADO


SARA MEJIA DE TAFUR


JUAN CARLOS VACA VACA.

Este trabajo está dedicado:

A Dios, por darme fuerza y sabiduría. .

A mi hijo: Josué, quien llega a mi vida en el mejor momento, para aumentar inmensurablemente mi felicidad.

A mi esposa: Andrea, Mi motivo!, por el amor, el respeto, la complacencia, y la comprensión incondicional.

A la memoria de mi madre Eneida, por ese “*guiño*” que me dio para emprender este camino.

A mi padre Álvaro, por estar en con nosotros en todo momento, y mostrarme aún, el camino correcto.

A mis hermanos: Ramón y Jimmy, por agradarme la vida, por hacerme sentir que somos un equipo, ayudándonos siempre.

Agradecimientos

A La Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, Escuela de postgrados.

A mi Director de trabajo de grado: Dr. Jaime Eduardo Muñoz Flores, por su generosidad, su amabilidad característica, y paciencia en la supervisión de este trabajo

A Los Jurados: Dra. Sara Mejía de Tafur y Dr. Juan Carlos Vaca Vaca por su evaluación y valiosos aportes.

A German Suarez, Héctor Fabio Espinosa, y Darío Martínez, por su amistad y apoyo en el planteamiento y desarrollo creativo de este trabajo; por los momentos compartidos.

A los Colaboradores de este trabajo: Raúl Arango, Norbey Serrano, Leonardo Cano, Guillermo Romero, Guillermo Marín, Ronald Vélez, Juan David Guarín, Claudia Nancy Zapata, y Aldemar Orejuela, por su apoyo en la toma de datos de campo y pruebas de laboratorio;

A Giovanni Tenorio, por las asesorías en el área de bioquímica; y a Clever Becerra por el apoyo en el análisis estadístico.

A todos de nuevo, mil y mil, gracias...

Resumen

EFFECTO DEL ETEFÓN EN EL DESARROLLO, FLORACIÓN, Y CALIDAD DEL FRUTO DE LA PIÑA MD2 *Ananas comosus*, EN CONDICIONES DEL VALLE DEL CAUCA

En Buga, Valle del Cauca, Colombia; se midió el efecto del Etefón sobre la floración, desarrollo y calidad del fruto de *Ananas comosus* Cv. MD2; Bajo un diseño de BCA con cinco repeticiones, se evaluaron las respuestas de cinco dosis de Etefón (200, 300, 400, 500 Y 600 ppm), y un testigo referente (0 ppm). Se midieron porcentajes de floración a los 40 y 60 días después de la inducción; con las dimensiones y el peso real de 50 frutos se construyeron modelos de regresión ($R^2 = 98 \%$) que fueron útiles para estimar el peso y crecimiento del fruto en la planta de una manera indirecta. Se presentaron diferencias estadísticas significativas para Floración y desarrollo de fruto, mientras que no se presentaron para pH, acidez, Brix, y Vitamina C registradas a los 30, 20, 10 y 0 días antes de la cosecha; tampoco para translucidez registrada a 10 y 0 días antes de cosecha.

Palabras claves: Piña. Etefón, Floración, Organolépticas, Translucidez, Desarrollo del Fruto

Abstract

ETHEPHON EFFECT OF DEVELOPMENT, FLOWERING AND FRUIT QUALITY OF PINEAPPLE MD2 *Ananas comosus* CONDITIONS V

In Buga, Valle del Cauca, Colombia, the effect of Ethephon on flowering, development and fruit quality of *Ananas comosus* Cv. MD2 was measured; Under a RCB design with five replicates, the responses of five doses of Ethephon (200, 300, 400, 500 and 600 ppm) were evaluated, and a control reference (0 ppm). Percentage flowering were measured at 40 and 60 days after induction, with the dimensions and weight of 50 fruits regression models ($R^2 = 98\%$) that were useful to estimate the weight and fruit growth in the were built plant indirectly. Statistically significant differences for flowering and development of fruit were presented, while not presented for pH, acidity, Brix, and Vitamin C were recorded at 30, 20, 10 and 0 days before harvest, nor for translucency recorded at 10 and 0 days prior to harvest.

Keywords: Pineapple. Ethephón, Flowering, Organoleptic Characteristics, Translucency, Fruit Development.

Contenido

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| Resumen y Abstrac..... | IX |
| Contenido | XI |
| Lista de Tablas | XIII |
| Lista de Figuras | XIV |
| Introducción | 1 |
| 1. Revisión de literatura | 3 |
| 1.1 Origen | 3 |
| 1.2 Consumo y producción mundial | 3 |
| 1.2.1 Consumo y producción en Colombia | 4 |
| 1.3 Variedades cultivadas | 6 |
| 1.3.1 El híbrido MD2 | 6 |
| 1.4 Floración | 7 |
| 1.4.1 Producción de Etileno | 8 |
| 1.4.2 Productos usados en la inducción floración | 8 |
| 1.4.3 Inducción floral con Etefón..... | 9 |
| 1.5 Desarrollo del fruto..... | 10 |
| 1.5.1 El Etefón y el desarrollo del fruto | 11 |
| 1.6 Características organolépticas asociadas con la calidad del fruto | 12 |
| 1.6.1 PH | 12 |
| 1.6.2 Acidez..... | 12 |
| 1.6.3 Brix | 13 |
| 1.6.4 Vitamina C | 13 |
| 1.6.5 Translucidez | 14 |
| 1.6.6 Peso del fruto y producción por unidad experimental..... | 15 |
| 2. Materiales y métodos | 16 |
| 2.1 Establecimiento del cultivo y manejo de campo | 16 |
| 2.2 Diseño, unidades experimentales y variables evaluadas..... | 16 |
| 2.2.1 Floración..... | 18 |
| 2.2.2 Desarrollo y volumen del fruto | 18 |
| 2.2.3 Características organolépticas asociadas a la calidad del fruto | 19 |
| 3. Resultados y discusión | 21 |
| 3.1 Efecto del Etefón y porcentajes de floración..... | 21 |
| 3.2 Desarrollo del fruto..... | 24 |
| 3.2.1 Estimación del peso del fruto..... | 24 |
| 3.2.2 Curva de crecimiento y desarrollo del fruto estimado..... | 25 |
| 3.2.3 Efecto del Etefón en el crecimiento del fruto | 26 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 3.2.4 | Efecto del Etefón en el incremento semanal en el peso del fruto..... | 28 |
| 3.3 | Características organolépticas asociadas a la calidad del fruto... .. | 31 |
| 3.3.1 | Efecto del Etefón en el pH..... | 31 |
| 3.3.2 | Efecto del Etefón en el la acidez | 33 |
| 3.3.3 | Efecto del Etefón en los grados Brix..... | 35 |
| 3.3.4 | Efecto del Etefón en el contenido de vitamina C..... | 38 |
| 3.3.5 | Efecto del Etefón en la translucidez..... | 40 |
| 3.3.6 | Efecto del Etefón en el peso del fruto | 42 |
| 4. | Conclusiones y Recomendaciones | 39 |
| 4.1 | Conclusiones | 39 |
| 4.2 | Recomendaciones | 39 |
| | Anexo A: Instructivo para la edición de imágenes en el programa IMAGEJ | 41 |
| 5. | Bibliografía | 42 |

LISTA DE TABLAS

| | Pag. |
|--|------|
| Tabla 1. Área plantada, producción y rendimiento, de las 10 especies frutales más importantes en Colombia en 22 Departamentos para el 2011. | 5 |
| Tabla 2. Resultado de análisis de suelos. | 17 |
| Tabla 3. Porcentajes de floración a distintas concentraciones de Etefón. | 21 |
| Tabla 4. Valores de peso (gr) estimado por semana, en el fruto de la piña bajo distintas dosis de Etefón en piña cv MD2 en condiciones de la zona plana en el Valle del Cauca. | 27 |
| Tabla 5. Valores promedios de peso (gr) estimado y acumulado por semana en el fruto de la piña cv MD2 bajo distintas dosis de Etefón bajo las condiciones de la zona plana en el Valle del Cauca. | 29 |
| Tabla 6. Efecto del Etefón en el pH del fruto de la Piña cv. MD2, registrados a diferentes días antes de cosecha en condiciones del Valle del Cauca | 32 |
| Tabla 7. Efecto del Etefón en la acidez del fruto de la Piña cv. MD2, registrados a diferentes días antes de cosecha en condiciones del Valle del Cauca | 34 |
| Tabla 8. Efecto del Etefón en los grados Brix en el fruto de la Piña cv. MD2, registrados a diferentes días antes de cosecha en condiciones del Valle del Cauca. | 36 |
| Tabla 9. Efecto del Etefón en el contenido de vitamina C del fruto de la Piña cv. MD2, registrados a diferentes días antes de cosecha en condiciones del Valle del Cauca | 39 |
| Tabla 10. Efecto del Etefón en la translucidez en el fruto de la Piña cv. MD2, registrados a diferentes días antes de cosecha en condiciones del Valle del Cauca. | 41 |
| Tabla 11. Efecto del Etefón en el peso en el fruto de la Piña cv. MD2, registrados a diferentes días antes de cosecha en condiciones del Valle del Cauca | 42 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pag. |
|---|------|
| Figura 1. Diseño de campo y aleatorización de tratamientos en bloques. | 17 |
| Figura 2. Porcentajes de floración | 23 |
| Figura 3A y 3B. A. Modelos de regresión para determinar la relación que se presenta entre el volumen estimado por formula y el volumen estimado por el método del agua desplazada. B. Modelo de regresión para determinar la relación que se presenta entre el volumen estimado por formula y el peso fresco del fruto incluyendo el cuerpo y la corona. | 25 |
| Figura 4A y 4B. Acumulación promedia de peso (g) estimado del fruto.semana ⁻¹ . | 26 |
| Figura 5A y 5B. Incremento semanal promedio de peso (g) estimado del fruto de la en piña cv MD2 bajo condiciones del Valle del Cauca. | 30 |
| Figuras 6A y 6 B. Tendencia del valor del PH bajo el Efecto del distintas dosis de Etefón en el fruto de la Piña cv. MD2. | 32 |
| Figuras 7A y 7B. Tendencia del valor de la Acidez, bajo el Efecto del distintas dosis de Etefón en el fruto de la Piña cv. MD2. | 35 |
| Figuras 8A y 8B. Tendencia del valor de los grados Brix bajo el Efecto del distintas dosis de Etefón en el fruto de la Piña cv. MD2. | 37 |
| Figuras 9A y 9B, Tendencia del valor del contenido de Vitamina C bajo el Efecto del distintas dosis de Etefón en el fruto de la Piña cv. MD2. | 39 |
| Figura 10. Translucidez piña | 41 |
| Figura 11. Tendencia del valor de la Translucidez de los tres tercios del fruto de la piña MD2 bajo distintas dosis de Etefón en condiciones del Valle de Cauca. | 43 |

Introducción

La piña contiene *Bromelina*, una enzima natural capaz de digerir proteínas y ayudar en el proceso de la indigestión (Yeager 2001); posee además propiedades adelgazantes y antiinflamatorias (Duke 1998), diuréticas y vermífugas (Díaz 2004). Es una fruta rica en Carbohidratos, Vitaminas C, B1 y B6, Manganeseo, Cobre, Potasio, Magnesio, además es fuente de fibra, y ácido Fólico (Pamplona 2006).

Esta fruta por sus cualidades Nutraceuticas y su sabor especial, cada vez es más consumida en EEUU (Perez y Plattner 2013), y Europa (Freshfel 2013) y algunos países Americanos como Costa Rica, Honduras, México, Perú, Venezuela, Ecuador, Tailandia, Filipinas, Indonesia, China, y Malasia entre otros, han experimentado y continúan proyectando una gran oportunidad de negocio supliendo las demandas de esta fruta en estos mercados, (Perez y Plattner, 2013).

Para Colombia, Asohofrucol, el Programa de Transformación Productiva del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, Proexport, y los tratados de libre Comercio entre Colombia y Países como EEUU, La Unión Europea, Canadá, Suiza, México y Chile, auguran un futuro prometedor para los cultivadores de piña. (Asohofrucol, 2013; Proexport 2013)

En el Valle del Cauca se estima que hay sembradas cerca de 250 ha en piña cv. MD2 y para el año 2015 se proyecta sembrar de 450 ha. SIPSA 2013.

Para los productores resulta una ventaja el uso de reguladores artificiales de la floración como el Etefón porque se puede programar los ciclos de producción y

Introducción

por consiguiente las volúmenes de entrega de fruta en los acuerdos comerciales; sin embargo en la actualidad el uso de Etefón se encuentra en discusión porque puede presentar efectos genotóxicos (Nada and Saleha, 2008, citado por Malik, 2013), y se prevé revisar las concentraciones de los límites máximos permisibles para su uso en la agricultura en el 2015. (Comisión del Codex Alimentarius, 2013).

La inducción floral es una práctica muy usada en otras variedades como Cayena, Perolera y Manzana, pero no está documentada para MD2, ni se tienen resultados de la incidencia del uso de este regulador fisiológico, y las respuestas en la floración, desarrollo del fruto, características organolépticas y traslucidez en las condiciones del Valle del Cauca.

A través de esta investigación se logró evaluar el efecto de la aplicación de distintas concentraciones de Etefón en la piña MD2 sobre el comportamiento de la floración, el desarrollo de los frutos y la incidencia de las características organolépticas de la fruta en condiciones del Valle del cauca en Colombia, esto con el objetivo de determinar la dosis más adecuada para obtener éxito en el cultivo a un menor costo económico, social y ambiental.

1.Revisión de literatura

1.1 Origen

Se presume que la piña *Ananas comosus* es originaria del sureste de Brasil y Paraguay El Centro de Origen de las especies del genero Ananás es el hemisferios Oeste, en América tropical y subtropical e comprende un área entre las latitudes entre 15 - 30 ° latitud Sur, y 40 - 60 ° de longitud Oeste que corresponde al Sudeste y Centro-Oeste de Brasil y Norte de Argentina de Paraguay (Collins, 1960).

1.2 Consumo y producción mundial

Los 10 mayores productores de piña para el año 2011 fueron: Tailandia (2.593.207 t.), Brasil (2.365.458 t.), Costa Rica, (2.268.956 t.), Filipinas (2.246.806 t.), Indonesia (1.540.626 t.), India (1415000 t.), Nigeria (1.400.000 t.), China (1.351.367 t.), China Continental (950.000 t.), y México (742.926). Colombia ocupa el lugar 12 con una producción de 512.316 toneladas. (FAO 2013).

Con 919.000 toneladas importadas por la *Unión Europea*, la piña ocupó el segundo lugar en importancia después de los bananos (4,7 millones de toneladas) para el año 2011; en el tercer, cuarto y quinto puesto estuvieron Naranjas (800.000 t), Manzanas (551.000 T) y Uvas (538.000 t) respectivamente. (Freshfel Europe, 2013).

EEUU consume cerca de 1,2 millones de toneladas representadas en: 835.605,44 t. de Piña congelada; 331.168,25 t. de Piña enlatada, y 33.173,24 t. de jugo de piña. (Datos adaptados por el Autor, a partir de (Perez y Plattner, 2013).

Los proveedores de piña importantes para EEUU lo representan Costa Rica, México, Honduras, Guatemala, Panamá, Ecuador, Filipinas y Tailandia. Con respecto al primer semestre del año anterior (2012), y comparado con lo que va corrido de este año (2013), Costa Rica se ha mantenido en los volúmenes de exportación, mientras que países como México y Honduras en el mismo periodo han logrado un crecimiento del 22 y 18 % respectivamente, por otro lado Guatemala, Panamá, Ecuador Filipinas y Tailandia han perdido terreno en el ingreso de fruta a este mercado. (Perez y Plattner, 2013). Cabe destacar que Tailandia pierde terreno en el mercado en fresco pero gana en el volumen de piñas enlatadas exportado.

1.2.1 Consumo y producción en Colombia

Según el autor a partir de Datos del DANE - ENA 2013, la piña ocupó el séptimo puesto en área sembrada de frutales importantes en el país para el 2011 (Ver Tabla 1). El 93 % de la producción de piña en el país corresponde al autoconsumo, y 7 % a la exportación. (DANE – ENA, SIPSA. 2013).

En Colombia la producción de los cultivos de piña se distribuyen principalmente en los departamentos de Risaralda (72.145); Santander (30.921); Cauca (20.591); Quindío, (15.117); Nariño (11.923), Valle del Cauca (10.602); Meta (10.259), y otros departamentos como Antioquia, (1.026), para un total aproximado de producción de 172.554 t.

Tabla 1. Área plantada, producción y rendimiento, de las 10 especies frutales más importantes en Colombia en 22 Departamentos para el 2011.

| Cultivo | Área plantada | Producción | Rendimiento |
|------------------|----------------------|-------------------|--------------------|
| Aguacate | 35.211 | 1.146.881 | 12,5 |
| Naranja | 31.751 | 207.727 | 11,0 |
| Mango | 17.145 | 143.770 | 14,7 |
| Limón | 15.806 | 12.526 | 11,4 |
| Banano | 12.531 | 142.388 | 25,8 |
| Mandarina | 11.939 | 139.973 | 15,9 |
| Piña | 11.515 | 172.574 | 23,8 |
| Papaya | 7.439 | 124.444 | 25,9 |
| Mora | 6.745 | 68.445 | 12,5 |

Fuente: DANE - ENA 2011. Adaptado por el Autor.

En el Valle del Cauca, la piña es uno de los productos frutícolas de mayor importancia, se encuentra en el sexto lugar como productor a nivel nacional, después Risaralda Santander, Cauca, Quindío, y Nariño. Departamento de Santander. (DANE – SIPSA, 2013).

Se estima que en el Valle del Cauca hay sembradas 10.602 hectáreas de las cuales existen cerca de 250 sembradas en piña MD2, y la proyección de siembras continua creciendo, Ingenios como Rio paila Castilla tradicionalmente cultivadores de Caña de azúcar, están actualmente incrementando las áreas de siembras en piña MD2; Hasta el momento (Septiembre 2013), se tienen sembradas 80 ha y se proyecta para el cierre del año sembrar 100 ha; 150 ha adicionales para el cierre del 2014, y 200 más para el cierre del 2015, para un total de 450 ha al final del 2015. (Conversación personal con Juan Carlos Botero, 2013; Jefe producción piña MD2, Bengala agrícola)

Con base en las cifras anteriormente descritas se puede visualizar un mercado potencial a nivel local y externo que podría ser atendido con el incremento de

siembras de este cultivo, Asohofrucol en alianza con el Programa de Transformación Productiva, han identificado la piña como uno de los siete cultivos potenciales y sobre los cuales se enfocaría el desarrollo de los Clusters productivos.

1.3 Variedades cultivadas

Se conocen cerca de 100 variedades de piña (Sinuco 2005), pertenecientes a los siguientes 5 grupos: Queen; Cayenne, Spanish, Abacaxi y Maipure; en el Grupo Queen se encuentran cultivares como: Queen, Conde de París, Natal Queen, Ripley Queen, Alexandra y Macgregor (Py and Tisseau, 1965) Tradsthong, Phuket, Sawee y Tainan Sripaoraya, (2001).

En el Grupo Cayenne se encuentran: Cayenne Guadalupe, Cayenne Despointes, Cayenne Bordaz, Cayenne Santodomingo, (Py and Tisseau, 1965) Pattavia, Nanglae y Petburi Sripaoraya *et al* 2001. Finalmente en el Grupo Spanish; la Española roja y en el grupo Abacaxi los cv. Abacaxi Sugar Loaf (Py and Tisseau, 1965) Pan de azúcar, Azucarona,

Entre las variedades obtenidas más recientemente por los programas de hibridación se encuentran: En Brasil (Ajubá, Imperial), en Australia (Aus-Carnival and Aus-Jubilee), en Martinique (FLHORAN41) en Malaysia (Josepine) y en USA (Honey Gold and MD2). (Bartholomew *et al*, 2010)

1.3.1 El híbrido MD2

El mundo de la industria de exportación de piña fresca pasó por una transformación notable oficialmente en 1996, después de que la empresa *Del Monte Corporation* introdujo el *Híbrido MD2* a los consumidores en los E.E.U.U. y Europa, (Frank, 2003).

Este Híbrido presenta buen comportamiento agronómico, excelentes rendimientos, excelentes características de sabor, color, aroma y mejor aporte nutricional, con respecto a la Cayena lisa, (Williams and Fleisch 1993).

1.4 Floración

La floración es un proceso multifactorial, ampliamente estudiado, desde el punto de vista ecofisiológico y biofísico (Bernier *et al*, 1993;. Kinet, 1993).

Varios factores influyen para que las plantas de piña presenten diferenciación floral natural temprana, o tardía, entre ellos se encuentran: La edad (Liu et al 2011a); el tamaño y peso del material de siembra, (Reinhardt and Medina, 1992; Cuhna, 2005; Van de Poel *et al.*, 2009); el fotoperiodo (Wareing, y Phillips 1981; Bernier 1988; Cuhna 2005.), las bajas temperaturas (Liu et al 2011a) y el abastecimiento hídrico, Cuhna 2005).

Las plantas de piña en su estado vegetativo se inclinan a esta condición hasta que por un factor externo se estimule a la floración, (Peña 1996) sin embargo (Van de Poel *et al.*, 2009), menciona que las plantas de piña de la variedad MD2 florecen, a partir de los dos meses de edad después de sembrados.

En diferentes zonas de producción de piña en el mundo, las tasas de floración natural son muy variables, considerándose normales tasas de 5% a 10%, sin embargo en otros países las floraciones naturales pueden llegar al 20% y llegar hasta del 50% y 80% (Scott, 1993, Min y Bartholomew 1996; Rebolledo-Martínez *et al*, 1997; Barbosa *et al* 1998).

Los híbridos como la piña MD2, generalmente son más propensos a presentar floración natural (Bartholomew *et al.*, 2003); fenómeno que contribuye a una disminución del rendimiento por cuanto puede generar múltiples estados en las floraciones y por consiguiente fructificaciones en diversos tiempos y tamaños;

esta condición además de generar dificultad en el manejo fitosanitario del cultivo encarece los costos de la cosecha. (Sampaio *et al.* 1997; Scott, 1997)

1.4.1 Producción de Etileno

El fisiólogo Ruso Neljubow en 1901, reportó por primera vez el efecto fisiológico de esta hormona en plántulas de guisantes; posteriormente se logró conocer diferentes respuestas fisiológicas y su participación en varios procesos fisiológicos en plantas. (Azcón-Bieto y Talón, 1996).

El Etileno se deriva a partir del aminoácido metionina: La metionina se convierte en 5-adenosil metionina (SAM) por la acción de la enzima Adenosil Metionina Transferasa; SAM se convierte en ácido 1-aminociclopropano-l-carboxílico (ACC) por acción de la ACC sintasa (ACS) : ACC se convierte en Etileno por la acción de la ACC oxidasa. (Yang y Hoffman, 1984; Kende 1993).

1.4.2 Productos usados en la inducción floración

El primer procedimiento descubierto accidentalmente en 1885 y utilizado para la inducción artificial de la floración de piña, fue el uso de humo producto de combustiones, luego se estableció que el agente que ocasiono el inició de la floración fue un gas llamado Etileno, un hidrocarburo insaturado. (Rodrigues, 1932).

Otros productos se han encontrado capaces de inducir la floración, tales como Auxinas (Van Overbeek, 1945; Groszmann, 1948), Burg y Burg (1966), Carburo de Calcio, Acetileno, Etileno, y Etefón. (Cunha 1985; Cunha 2005).

1.4.3 Inducción floral con Etefón

El Etefón es el producto más utilizado en el mundo para estimular la floración, (Liu et al 2011b), se aplica en la mayoría de las veces mezclado con agua; adicionalmente se utiliza Urea, que actúa como dinamizador de la moléculas del Etefón dentro de la planta, posibilitando el uso de una menor dosis puesto que se cree que la Urea promueve una difusión mayor del producto (Cuhna, 1985).

Para aumentar el pH se utiliza Calcio o Boro, bajo esta condición se facilita una mejor y lenta liberación del Etileno. (Cuhna, 1985; Cuhna, 1989; Bartholomew et al, 2003; Malip 2011).

Las respuestas a la floración pueden presentarse 40 días después del tratamiento de inducción floral y dependen de factores como la variedad, (Mohammed, 2005), la edad a la que se realizó la inducción (Van de Poel et al., 2009), las concentraciones y dosis del Etefón Cuhna, 1989, y las condiciones de temperatura posteriores al tratamiento de inducción. Malip 2011

Abutiate 1978, (*Kumasi, Ghana*); Rojas 1990, (*Bukidnon Philippines*); Manica et al 1994, (Porto Lucena, Brasil); y Silva Iedo et al 2004, (Rio Branco, Acre, Brasil); en experimentos con el Cv Cayena lisa y bajo dosis de 400, 1000, 960 y 320 ppm respectivamente de Etefón obtuvieron a partir de los 60 días porcentajes de floración de 99, 93, 85, 96 % respectivamente

Cuhna, 1989. (Brasil), logra porcentajes de floración del 96 % en Cv Perola usando una dosis menor de 25 ppm a los 60 días. Obrero 2002, (*Philippines*) trabajando con Cv MD2, con dosis entre de 30 y 120 ppm, de Etefón obtuvo entre los 31 y 34 días porcentajes de floración de 100 %, mientras que Van de Poel 2008 (Ecuador) en experimentos bajo dosis de 250 ppm de Etefón 82,6 % 73 días.

1.5 Desarrollo del fruto

El crecimiento equivale a un incremento irreversible de materia seca, cambios en tamaño, masa, forma o número de estructuras (Barceló *et al.* 2001; Taiz, y Zeige, 2002) como una función del genotipo y el ambiente (Krug, 1997); el resultado final es el aumento en tamaño y en peso de un tejido, un órgano o la planta. Este crecimiento puede ser cuantificado a través del uso de modelos definidos por expresiones o funciones matemáticas (Hunt, 1990) y de metodologías no destructivas (Weaver, 1996).

Según Salisbury y Ross (1994), los frutos carnosos pueden presentar modelos de comportamiento simples sigmoides los cuales experimentan un patrón de crecimiento que consta de 3 fases; una fase logarítmica en la que se aumenta el tamaño del fruto en forma exponencial, y se presenta una velocidad de crecimiento celular lenta al principio y rápida al final, en la segunda fase se observa un comportamiento lineal, con un aumento de tamaño y peso generalmente rápido y constante y una tercera fase que está caracterizada por una velocidad decreciente medida que el fruto alcanza su madurez .

En la mayoría de los frutos carnosos el tamaño final está definido por tres importantes eventos fisiológicos involucran la multiplicación de células responsables de la formación del ovario antes de la antesis; luego, la división celular que tiene lugar después de la antesis y la polinización, y el tercer proceso corresponde aumento en el tamaño de las células formadas. Grange, (1996.)

El diámetro Ecuatorial o Transversal, ha sido el más utilizado para determinar el aumento en volumen durante el crecimiento; con estas medidas y el uso de fórmulas matemáticas, se logra una determinación de volumen de manera práctica, y no destructiva. Casierra y Cardozo, 2009.

En los frutos carnosos las curvas de crecimiento de aumento de peso y volumen siguen distintos modelos matemáticos según la especie, por ejemplo *Pyrus malus* (Manzana) según Schechter 1992, obedece a un modelo Lineal; entretanto en Modelos de Curvas simples Sigmoides se han estudiado en: a) *Persea americana* (Aguacate), Escandón y Muñoz 1989; Martínez 2003; b) *Solanum Quitoense* (Lulo) Gordillo y Rengifo 2002, c) *Cyphomandra betace* (Tamarillo) Portela, 1999; d) *Ananas comosus* (Piña), Bollar 1970, citado por Coombe 1976; Bartholomew et al 2003, o también pueden presentarse modelos de tipo Sigmoides dobles, como por ejemplo en: a) *Prunus persica* L., (Duraznero) Casierra et al, 2004; b) *Actinidia deliciosa* (kiwi), Bebbington, 2009; c) Café Ribeiro da Cunha 2012 y, d) *Cucumis sativus* L. pepino Barraza 2012; entre otros.

Los modelos de crecimiento sirven para identificar no solamente la evolución del crecimiento en el ciclo bajo las condiciones climáticas de la zona de estudio, sino también para estimar el peso que tendrá el fruto en la cosecha (Coombe, 1976; Hunt, 1990).

1.5.1 El Etefón y el desarrollo del fruto

Se conoce que el Etileno puede afectar el transporte de Auxinas, Beyer and Morgan, 1970; Musgrave and Walters, 1973; Suttle, 1988. Visser et al, 1996, mencionan que una alta concentración de Etileno endógeno está asociado al incremento de la concentración de Auxinas responsables del crecimiento celular, dando origen a tejidos nuevos que componen las raíces adventicias de *Rumex palustris* en un suelo inundado. Jimenez et al 1984, mencionan que el Etefón no tiene efectos en el crecimiento del fruto de melón.

En la planta de piña una vez se produce la inflorescencia, su desarrollo continua si la concentración de Auxina IAA es alta, y los niveles de Etileno son bajos (Liu et al, 2011) Por otro lado la división celular continúa en la fruta hasta después de

la antesis, (Bartholomew *et al*, 2003), por lo que se pudiera esperar algún efecto en el crecimiento celular en esta etapa de desarrollo.

1.6 Características organolépticas asociadas con la calidad del fruto

La maduración es la fase final del crecimiento y desarrollo del fruto; la finalidad de este órgano es la dispersión de las semillas, las características de color, aroma, textura y gusto contribuyen a eso porque resultan atractivas para el consumo animal quienes pueden consumirlas y transportarlas a otros lugares; en la mayoría de frutos la interacción entre azúcares reductores y no reductores y los ácidos orgánicos determinan las características del sabor (Azcon-Bieto y Talon, 1996)

1.6.1 PH

El pH del jugo de la piña disminuye a medida que se acerca el estado de madurez total; los dos ácidos orgánicos predominantes son el Cítrico y el Málico (Bartholomew y Paull, 1986; Seymour *et al.*, 1993).

En el 2004, Brat *et al* en el Cv FLHORAN41, (Híbrido proveniente del cruce entre piña cv Cayena lisa, y piña cv Manzana), reporta un incremento en el pH del fruto cuando la fruta se acerca a la madurez al igual que lo formuló Saradhuldhath *et al*, en (2007).

Asare-Bediako, (2007), reporta un aumento en el pH de 3,7 a 3,4 para piñas inducidas y piñas no inducidas, respectivamente, usando Carburo de Calcio.

1.6.2 Acidez

Por lo general, los niveles de ácidos orgánicos descienden durante el tiempo de maduración del fruto, con algunas excepciones, como el plátano. La “acidez

titulable” (proporción de acidez no combinada con cationes) es un parámetro bastante objetivo de la percepción detectada por los consumidores.

Los niveles de ácido ascórbico cambian con la variedad y no contribuye de manera sustancial a la acidez total titulable (Paull, 1997; Seymour *et al.* 1993).

La formación y el contenido de ácidos se incrementan y acumulan al parecer desde antes de la semana 6 hasta la semana 15 y 16 Saradhulhat *et al.*, 2007 donde empiezan a declinar para convertirse en azúcares,

1.6.3 Brix

La concentración de los azúcares varían en los distintos frutos. Dentro de cada especie, el contenido en azúcares depende de la variedad, el estado de nutrición, la cantidad de frutos y el estado de desarrollo. (Azcón-Bieto y Talón, 1996)

El contenido de azúcares es importante y define en buena parte las características del sabor y la aceptación comercial de la piña (Py *et al.* 1987); a menudo la acumulación y el contenido de algunos azúcares han sido frecuentemente usados como indicadores de la madurez de la fruta.

1.6.4 Vitamina C

La Vitamina C, es la Vitamina más importante para la nutrición humana que se suministra naturalmente por el consumo de frutas y verduras. (Hernandez, Lobo, y Gonzalez, 2006).

La piña es una fruta particularmente rica en ácido ascórbico (Bengozi 2006); El Ácido Ascórbico es la principal forma activa biológica de la vitamina C, (Hernandez, Lobo, y Gonzalez, 2006).

El contenido de Vitamina C en los cultivares de piña varia (Teisson and Combres 1979) y puede llegar a presentarse entre 20 mg.100 gr de jugo⁻¹, para Cayena

Lisa, (Singleton 1955, citado por Bartholomew 2003; Thé, 2010), hasta valores de 71 mg.100 gr de jugo⁻¹; en cv Spiny Guatemala, (Singleton, 1955, citado por Bartholomew 2003).

Similares Valores de 18.0, 18.6, 17.8 y 13,44 mg *100 gr de jugo⁻¹, fueron registrados respectivamente para Española Roja, P3R5, Dwarf por (Perez *et al* 2012) y Perola (Reinhardt *et al* 2004).

El contenido de Vitamina C disminuye a medida que la fruta madura Sgarbieri (1966), mientras que Miller (1951), menciona que las piñas maduras, contienen más ácido ascórbico que las piñas cosechadas verde-maduras.

1.6.5 Translucidez

La translucidez es la respuesta de una maduración prematura de la fruta de la piña (Soler, 1994); en la maduración interna de la pulpa de la piña, se presentan aumentos progresivos en los niveles de sacarosa, (Chen y Paull 2000; Brat *et al* 2004; Dou *et al* 2011) y ciertas áreas de la fruta llegan a ser de un color transparente; esta lesión con el tiempo produce cambios desfavorables como sabores desagradables (Bowden, 1969), aumento de la susceptibilidad a quemaduras solares, (Keetch, 1977; Chen y Paull 2000) haciendo que estas frutas presenten mayor susceptibilidad a daños mecánicos durante la cosecha y postcosecha..

Las metodologías no destructivas para detectar la translucidez han sido muy limitadas, sin embargo se ha logrado medir a través de métodos físicos usando diferentes tipos de radiación como: Rayos X (Haff y otros 2006), imágenes de resonancia magnética en diferentes vegetales (Chen, *et al* 1989), conversión de imágenes lumínicas en frutas (Takao y Ohmori 1996), tomografía computarizada de rayos X (Sornsrivichai *et al.* 1998), ondas sonoras (Chyung 2000), sin embargo hasta ahora estos métodos no destructivos no han sido ampliamente utilizados puesto que su uso resulta, poco práctico y costoso. (Chen y Paull 2000).

La Translucidez empieza a evidenciarse a partir de la 3 a 4 semana antes de la cosecha, y generalmente se presenta que las mayores áreas afectadas son las del el tercio inferior o basal (Paull y Reyes, 1996), la translucidez es causada por el estrés, asociado a la incidencia de la temperatura, el abastecimiento hídrico, la genética de los cultivares y la nutrición nitrogenada principalmente. (Soler, 1993; Paul and Reyes, 1996). Soler 1991, menciona un efecto del Etileno en la translucidez.

1.6.6 Peso del fruto y producción por unidad experimental

Jiménez *et al*/1984, reporta que el Etefón no tuvo efectos en la producción de frutos de Melón en un ensayo con diferentes dosis, igualmente Chanai 1988 reporta que el Etefón no presenta diferencias significativas al aplicarlo en diferentes dosis en piña.

2. Materiales y métodos

2.1 Establecimiento del cultivo y manejo de campo

La investigación se realizó en la Finca El Chircal del Centro Agropecuario de Buga SENA-Regional Valle, ubicada en el municipio de Buga Valle del Cauca a 1000 msnm, con una humedad relativa promedio de 75.2 %, temperatura promedio anual de 23 °C, y precipitación promedio multianual de 1000 a 1200 mm.

Los colinos de piña MD2 se cosecharon a partir de lotes madres, y se clasificaron en 4 categorías teniendo en cuenta el peso: Categoría 1, 250 a 300 gr.; Categoría 2, 300 a 350 gr.; Categoría 3, 350 a 400 gr.; y Categoría 4, 400 a 450 gr.; luego fueron tratados químicamente con Mancozeb y Diazinon, para protegerlos de ataques sanitarios, posteriormente fueron sembrados en el suelo en camas construidas previamente con una zanjadora; elevadas del suelo 0,30 m., y de 0,9 m de ancho, con cobertura plástica. Finalmente este material se sembró en surcos dobles separados a 0,45 m y separados entre plantas 0,225 m.

Todas las plantas fueron tratadas con las mismas prácticas culturales, tales como riego, manejo sanitario, y fertilización, esta última se llevó a cabo de acuerdo a un ajuste a partir del análisis de suelos (Tabla 2) y las necesidades del cultivo.

2.2 Diseño, unidades experimentales y variables evaluadas

Las unidades experimentales constaron de 140 plantas aproximadamente, los tratamientos correspondieron a aplicaciones de Etefón a partir de Ethrel (480 g/l), a partir de 400 ppm (dosis comercial utilizada por los agricultores de la zona) se

modificó en -50 %, -25 % +25 % y +50 %, finalmente se generaron 5 tratamientos con Etefón y un testigo donde no se aplicó el regulador y se produjo etileno natural solamente, se generaron 6 tratamientos en concentraciones de 0, 200, 300, 400, 500, y 600 ppm/ha.

Tabla 2. Resultado de análisis de suelos.

| Parametro | Valor | Parametro | Valor |
|----------------|-------|-----------------|-------|
| Tex | Ar | Na (meq/100 g) | 0,24 |
| PH | 6,7 | CIC (meq/100 g) | 43,20 |
| Ce (dS/m) | 0,14 | B (ppm) | 0,29 |
| MO (%) | 1,29 | Cu (ppm) | 0,99 |
| P (ppm) | 7,69 | Fe (ppm) | 11,69 |
| Mg (meq/100 g) | 6,62 | Mn (ppm) | 12,80 |
| K (meq/100 g) | 0,17 | Zn (ppm) | 0,87 |
| Ca (meq/100 g) | 12,31 | | |

A la solución se le adicionó Urea al 2 %, y Boro al 0,23 %, esta solución fue aplicada a los 10 meses de Edad (Van de Poel *et al.*, 2009) localizadamente vertiendo en el brote terminal superior, 50 cc de la por planta. las aplicaciones a partir de la 16:00 y hasta las 18:00 horas. (Turnbull *et al*, 1999)

El criterio de Bloqueo fue completamente al azar (Fig 1)

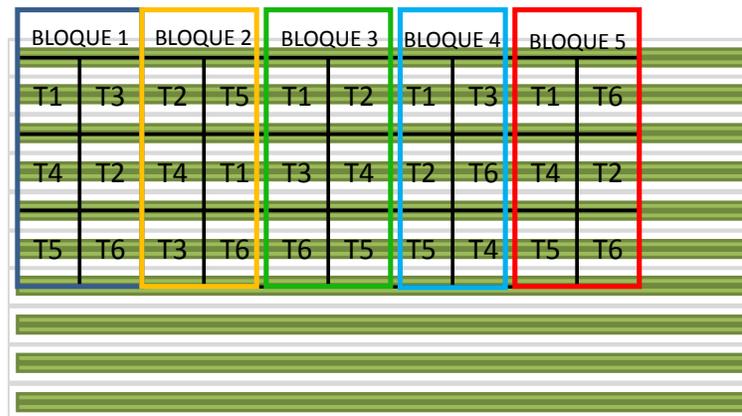


Figura 1. Diseño de campo y aleatorización de tratamientos en bloques.

2.2.1 Floración

Para establecer los porcentajes de floración natural se realizó un conteo de las plantas por unidad experimental que presentaban flores evidentes, se incluyeron en este registro desde plantas que presentaban evidente cambio de color verde a color rojo en la zona Meristemática hasta plantas en estado avanzado de floración, estas plantas fueron marcadas y excluidas de los siguientes conteos de floración.

Posteriormente los siguientes registros de floración se realizaron en dos épocas: 40 días DIF (Días después de inducción floral) y 60 días DIF, para el resto de plantas que componían la unidad experimental, a partir de estos datos se establecieron los porcentajes de floración para las dos épocas.

2.2.2 Desarrollo y volumen del fruto

A partir de la semana 10 DIF (Después de la inducción floral) y hasta la semana 24 DIF se midió semanalmente, con un pie de Rey 2 veces la longitud Ecuatorial (en el centro de la infrutescencia), perpendicularmente y 2 veces la longitud polar, (Desde la base, hasta los hombros de la infrutescencia sin incluir la corona) perpendicularmente. Cada una de las 2 mediciones se promediaron respectivamente, esto se realizó a cada una de las 10 plantas marcadas desde el principio de la medición en cada unidad experimental.

Con las dimensiones (longitud Ecuatorial y longitud Polar) tomadas semanalmente, y con el uso de los dos modelos lineales se pudo estimar el volumen y el peso desde el la semana 10 DIF hasta la 24 DIF, de cada fruto se hicieron curvas de tendencia para cada tratamiento.

▪ Estimación del peso con base en las dimensiones del fruto

A 50 frutos de la variedad MD2 en diferentes estados de desarrollo procedentes del experimento, se pesaron y se midió dos veces la longitud ecuatorial y dos veces la longitud polar, estos valores se promediaron respectivamente. Con la

dimensión promedio longitudinal Ecuatorial, y la dimensión promedio Longitudinal polar, se determinó el volumen del Cuboide que contiene el fruto; estos valores se correlacionaron con los volúmenes establecidos a través del método de inmersión y desplazamiento de agua para calcular volúmenes propuesto por Arquímedes.

Se utilizó la ecuación de regresión:

$$\hat{J}_i = \alpha \text{ y } \beta (DE^2 * DP)$$

Por el método de mínimos cuadrados se estimaron α y β ; también se calculó el Coeficiente de determinación R^2 .

Valores superiores a 90 % indican que el modelo puede usarse para predecir el peso del fruto de la piña con base en las dimensiones de diámetro polar y diámetro ecuatorial

$$\hat{J}_i = \text{Peso estimado del fruto}$$

α y β , = Parámetros de la ecuación de la regresión. para la estimación se usara el software SAS versión 9.1

Frutos de este experimento se pesaron con una balanza, este valor fue correlacionado con el volumen real, arrojando un modelo de regresión lineal que estimaba el peso con relación al volumen estimado por formula, posteriormente se halló el R^2 que indico el ajuste del modelo.

2.2.3 Características organolépticas asociadas a la calidad del fruto

▪ PH, Acidez, Grados Brix y Vitamina c

Se tomaron dos frutos por cada unidad experimental a los 30, 20, 10, y 0 días antes de la cosecha, estos frutos fueron llevados al laboratorio, se les elimino la corona y el epicarpio, cada fruto se dividió en 3 secciones (Tercio superior, tercio medio, y tercio inferior; Cada tercio incluyendo el eje central de la fruta se licuó

por 2 minutos, y al producto de cada tercio individualmente se le midió el pH directamente con un Potenciómetro; El porcentaje de Acidez total se determinó por titulación, cinco ml de jugo de piña se diluyeron con 45 ml de agua destilada y se titularon con NaOH 0,1 N hasta pH 8,1. Los resultados se expresaron como porcentaje de ácido cítrico (g ácido Cítrico/100 g de peso fresco) Los grados Brix se midieron directamente con un refractómetro y el contenido de Vitamina C se estableció a través de la metodología de titulación con Iodo resublimado

▪ **Translucidez**

Se registró 10 y 0 días antes de la cosecha, 1 fruta por cada unidad experimental se eliminó corona y epicarpio, se dividió en 3 secciones (Tercio, superior, medio, y inferior) a cada tercio se tomó una fotografía con cámara digital SONY 12 4X Optical ZOOM DSC-W530 Megapixeles; las fotografías se sometieron a un protocolo de edición de imágenes con el programa IMAGEJ (anexo 1) para determinar porcentaje de área translúcida a cada tratamiento.

▪ **Peso del fruto y producción por unidad experimental**

En cada unidad experimental se pesaron todas las frutas exceptuando las marcadas de la floración natural, el peso total se midió y se dividió por el número de frutas, luego se estableció un promedio de peso de la fruta para cada tratamiento.

▪ **Análisis de datos**

A los registros de floración, peso estimado del fruto, pH, % de acidez, brix, Translucidez, y peso promedio de frutos se realizó análisis estadístico en el programa SAS versión 9.1. se estableció la probabilidad de obtener diferencias significativas y se utilizó la prueba de rango múltiple de Duncan para comparar las medias, Para cada variable se realizó el ANDV con las siguientes fuentes de variación y grados de libertad

3. Resultados y discusión

3.1 Efecto del Etefón y porcentajes de floración

A partir de los tres meses de edad la planta puede florecer naturalmente, (Van de Poel 2008), esto puede acentuarse con factores como el peso de la planta, la variedad y las condiciones del entorno (Cunha, 2005).

La Tabla 3, muestra los porcentajes de floración registrados a los 0 días DIF (Después de la Inducción Floral), estos valores son frecuentes en los cultivos de piña si no se controla la floración a través de reguladores- inhibidores de la floración como: 2-3-(Clorofenoxy)-Propionico (Rebolledo y Martinez, 1992)

Tabla 3 Porcentajes de floración a distintas concentraciones de Etefón aplicado líquido y dirigido al meristemo apical, registrado los 0, 40 y 60 días posteriores al tratamiento.

| Tratamiento Etefón | Después de Inducción floral (DIF) | | |
|-----------------------|-----------------------------------|---------|---------|
| | 0 | 40 | 60 |
| 0 | *A 36,87 | C 17,78 | B 48,98 |
| 200 ppm | A 28,26 | B 59,76 | A 96,69 |
| 300 ppm | A 30,15 | A 92,01 | A 99,11 |
| 400 ppm | A 31,49 | A 83,27 | A 97,91 |
| 500 ppm | A 29,73 | A 82,60 | A 98,04 |
| 600 ppm | A 29,73 | A 82,99 | A 97,79 |

*Promedios con la misma letra no difieren significativamente P ($\alpha \leq 0,05$) en cada día de la aplicación.

Estos porcentajes de floración natural se consideraron como punto de partida en las unidades experimentales para las posteriores respuestas a los tratamientos . Al momento de la aplicación se registraron valores de floración en todas las unidades experimentales por encima del 29 %, sin diferencia significativa entre ellos.

Para el registro de floración del día 40 DIF existen diferencias estadísticas altamente significativas entre el T1, el T2 y el grupo de tratamientos T3, T4, T5 y T6, con valores de 17,78; 59,76 y más del 82,6 % respectivamente, se destaca el T3 (300 ppm) con el cual se logra un porcentaje de floración de 92,0 %, pero no difiere significativamente de 400 y 600 ppm; la tendencia es que hay un incremento en la floración hasta 300 ppm a los 40 días DIF y después se estabiliza.

El porcentaje de floración en el T2 (200 ppm) fue de 55 %, este resultado difiere del trabajo de Van de Poel 2008, quien utilizó una dosis de 250 ppm y reportó porcentajes de floración del 82,6 % a los 35 días; mientras que Malip, (2011) obtiene el 100 % de la floración con una dosis de 240 ppm en el Cv Maspine, a los 45 días. Posiblemente las condiciones de pH de la aplicación hayan incidido en la liberación y asimilación del etileno a partir del Etefón (Turnbull *et al*, 1999).

El registro de floraciones realizado el día 60 DIF no mostró diferencias significativas entre los tratamientos excepto en el tratamiento control donde no se aplicó Etefón, los porcentajes de floración superaron el 96 %, similares resultados se presentaron por Cuhna 1989 quien obtuvo, 96 % de la floración a los 60 días, pero usando una dosis diez veces menor (25 ppm), sin embargo en ningún caso las floraciones fueron cercanas al 100 % como en los trabajos de Obrero 2002, con aplicaciones de entre 60 a 250 ppm.

Se comprueba que el Etileno está directamente asociado a la iniciación floral en piña al igual que lo registran Randhawa *et al*, 1970; Reid and Wu, 1991, Min y Bartholomew 1993; Manica *et al.*, 1994; Min y Bartholomew , 1996; Cuhna 2005, Liu et al 2011a.; la aplicación de Etefón diluido en agua en dosis por encima de 200 ppm en la roseta de la planta aumenta los niveles de Etileno de los tejidos apicales, esta condición promueve la producción de niveles altos de Etileno endógeno, lo cual facilita la aparición de la inflorescencia, Liu et al 2011a.;

Los valores presentados en este ensayo con el cv. MD2 son similares a los obtenidos en el trabajo de Abutiata 1978, y Silva Iedo *et al* 2004 en el cv. Cayena lisa, quienes sostienen que la dosis para una floración efectiva superior al 96 % a los 60 días DIF, era de 400 y 320 ppm de Etefón respectivamente.

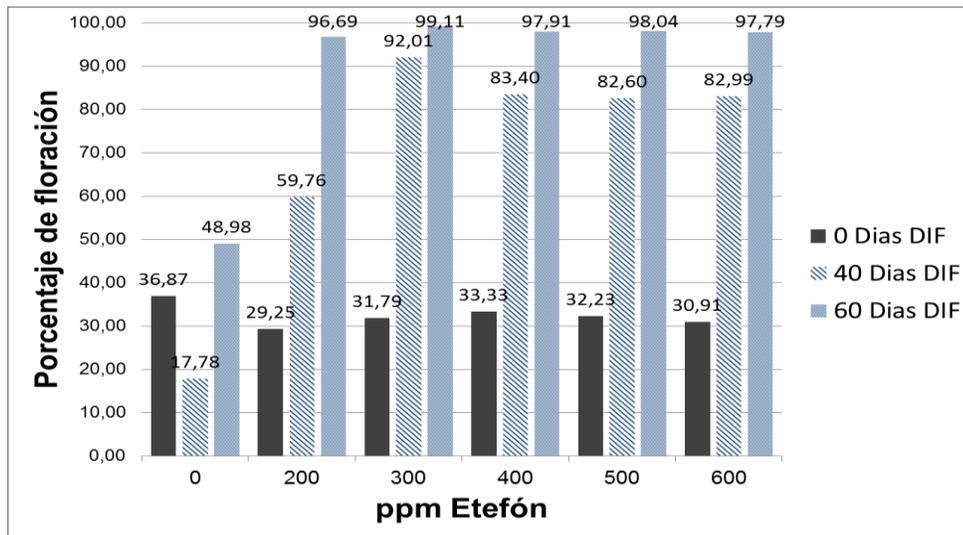


Figura 2. Porcentajes de floración obtenidos con distintas concentraciones de Etefón aplicado líquido, y dirigido al meristemo apical, Valores registrados los 0, 40 y 60 días DIF (Después de la inducción floral).

Los resultados de los valores crecientes de los porcentajes de floración para las dos épocas (40 y 60 Días DIF); podrían esperarse a causa de una posible

prolongación del efecto del Etileno liberado a partir del Etefón aplicado; así entonces con dosis bajas (< 200 ppm) al parecer podría presentarse una fase de diferenciación celular más amplia en el tiempo, por que no exista una dosis de Etileno capaz de provocar la floración, resultando en floraciones más dispersas (Fig 2); por otro lado cuando se aplica una dosis entre 200 ppm y 300 ppm podrían existir condiciones de concentraciones de Etileno que permitan la diferenciación celular más efectiva y rápida, se presenta entonces reducciones en el tiempo de la diferenciación floral y finalmente porcentajes de floración más altos en menor tiempo, lo que significaría tener al final un fruto más uniforme en la maduración en la cosecha

3.2 Desarrollo del fruto

3.2.1 Estimación del peso del fruto

La figura 3A y 3B muestra la relación que existe entre el volumen del fruto estimado por el método de agua desplazada y a partir de fórmulas del Ortoedro o Cuboide; el coeficiente de determinación superior al 98 % indica un alto grado de confiabilidad en el uso del modelo, y que las mediciones realizadas en los frutos pueden utilizarse para estimar el volumen real de estos.

El modelo para predecir el peso del fruto puede utilizarse entre 50 y 3500 cm³ de volumen del Cuboide, el coeficiente de determinación $R^2 = 97,16 \%$ (Fig 3B) indica que puede utilizarse como método no destructivo para predecir el peso de la piña MD2 con base en la medición de los diámetros en campo.

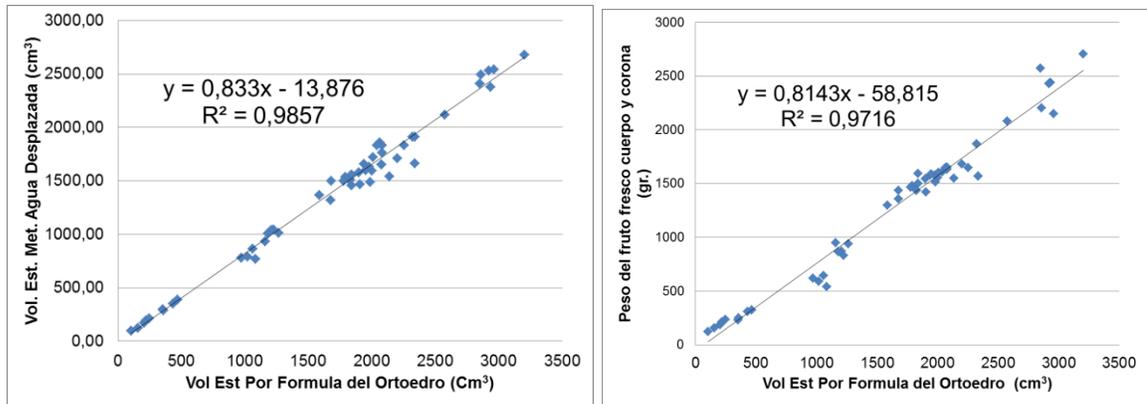


Figura 3A. 3B. Modelo de regresión para determinar la relación que se presenta entre el volumen estimado por formula y el volumen estimado por el método del agua desplazada. Modelo de regresión para determinar la relación que se presenta entre el volumen estimado por formula y el peso fresco del fruto incluyendo el cuerpo y la corona.

3.2.2 Curva de crecimiento y desarrollo del fruto estimado

Los modelos matemáticos construidos a partir de la asociación entre las dimensiones, el volumen y el peso real de los frutos de piña, (fig. 3A y 3B) representan un herramienta útil no destructiva para estimar el peso del futo de la piña, similar a lo que en otros frutas lo registraron Hunt, 1990; Weaver 1996; Casierra y Cardozo, 2009).

En piña MD2, el efecto de las dosis de Etefón indujo a floraciones distintas lo cual influyó en las dimensiones del fruto medido a partir de la semana 10 DIF, lo que generó una curva acumulativa de crecimiento de fruto, compuesta por tres fases lineales definidas; la primera fase inicia en la semana 10 DIF y comprende 4 semanas, la segunda empieza la semana 14 DIF y se extiende hasta la semana 20, y finalmente la tercera fase comprende desde la semana 20 y registra hasta la semana 24; Las dos últimas fases presentan pendientes más pronunciadas y evidencian un crecimiento mayor, (Salisbury y Ross, 1994; Grange, 1996.).

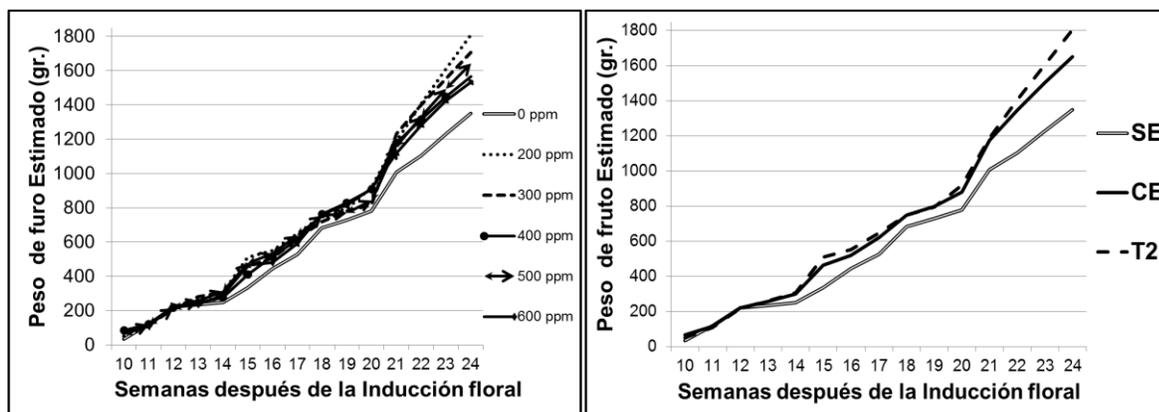


Figura 4A Y 4B. Acumulación promedia de peso (g) estimado del fruto.semana⁻¹; A) Para tratamientos con distintas dosis de Etefón, B) Para tratamientos: Sin Etefón (SE); con Etefón (CE= promedio de tratamientos exceptuando, T2) y Tratamiento 2 (200 ppm), desde la semana 10 Después de la inducción floral, hasta la cosecha, en piña cv MD2 bajo condiciones del Valle del Cauca.

3.2.3 Efecto del Etefón en el crecimiento del fruto

Para las Semanas 10, 14, 15, 16, y 17, DIF (Después de la inducción floral), se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas entre: El tratamiento con y sin la aplicación de Etefón (Tabla 4), el tratamiento sin la aplicación del inductor presento los menores pesos estimados; mientras que para los tratamientos con el inductor en distintas concentraciones, los pesos fueron superiores pero entre ellos no presentaron diferencias estadísticas altamente significativas, al parecer para estas épocas un efecto del Etefón sobre el crecimiento y el peso del fruto, tal como lo encontró Burg y Burg, 1966 y Jimenez *et al* 1984 en Melón.

No se presentaron diferencias significativas para ninguno de los promedios de los tratamientos en las semanas 18, 19, y 20.

Por otro lado, para la semana 21, 22, 23 y 24 DIF se presentaron diferencias altamente significativas entre: El T2, El grupo de tratamientos T3, T4 T5, y T6; y el T1, Los mayores pesos estimados fueron obtenidos con dosis de 200 (T2), y

300 ppm (T3), (semana 23 y 24) mientras que pesos estimados menores se asocian con dosis medias-altas (400, 500 y 600 ppm) con respecto al ensayo

Tabla 4. Valores de peso (gr) estimado por semana, en el fruto de la piña bajo distintas dosis de Etefón desde la semana 10 DIF después de la inducción floral hasta la cosecha, en piña cv MD2 bajo las condiciones de la zona plana en el Valle del Cauca.

| SEM | DIAS | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 |
|-----|------|-----------|------------|------------|------------|------------|-----------|
| | | 0 ppm | 200 ppm | 300 ppm | 400 ppm | 500 ppm | 600 ppm |
| 10 | 70 | C 33.24 | BC 50.11 | AB 64.85 | A 85.01 | ABC 62.10 | AB 71.52 |
| 11 | 77 | A119.912 | A109.65 | A113.00 | A119.01 | A118.85 | A111.78 |
| 12 | 84 | A 221.18 | A 217.79 | A 211.97 | A 215.68 | A 215.10 | A 232.30 |
| 13 | 91 | A 234.58 | A 258.25 | A 281.40 | A 244.38 | A 257.68 | A 240.65 |
| 14 | 98 | B 248.22 | A 306.65 | A 308.01 | AB 274.28 | A 311.71 | AB 292.49 |
| 15 | 105 | B 334.20 | A 508.85 | A 457.69 | AB 410.19 | A 476.27 | A 466.00 |
| 16 | 112 | B 444.49 | A 550.76 | AB 506.92 | AB 515.09 | AB 532.15 | AB 482.13 |
| 17 | 119 | B 525.72 | A 647.69 | A 619.86 | A 611.52 | A 638.58 | AB 592.94 |
| 18 | 126 | A 682.45 | A 750.00 | A 717.30 | A 761.84 | A 753.17 | A 764.87 |
| 19 | 133 | A 728.60 | A 795.00 | A 780.62 | A 828.34 | A 769.59 | A 816.97 |
| 20 | 140 | A 779.14 | A 920.00 | A 815.87 | A 905.76 | A 843.26 | A 912.48 |
| 21 | 147 | C 1008.55 | AB 1187.22 | A 1231.29 | AB 1174.57 | AB 1159.46 | B 1117.32 |
| 22 | 154 | C 1102.21 | A 1404.60 | A 1398.00 | AB 1313.32 | AB 1332.41 | B 1283.49 |
| 23 | 161 | D 1226.88 | A 1606.05 | AB 1549.31 | C 1446.05 | BC 1493.34 | C 1424.10 |
| 24 | 168 | D 1348.55 | A 1806.05 | BC 1705.04 | C 1566.14 | BC 1644.09 | C 1534.52 |

El tratamiento sin Etefón (0 ppm), presento los menores pesos estimados durante todo el ensayo (Fig. 4A y 4B), excepto en las 2 primeras mediciones (Tabla 4). Para este tratamiento las dimensiones volumétricas de los frutos y sus correspondientes pesos estimados varían notablemente al presentarse diferentes estados de floración y posterior fructificación natural, que finalmente baja los promedios de peso para la unidad experimental, contrario a la homogeneidad en los estados de floración obtenida con el uso de inductor floral y que logra un efecto de menor amplitud en los pesos estimados de las frutas; se corrobora la importancia de uso de este producto para homogenizar la floración en piña y el posterior desarrollo de la fruta.

En la aplicación de Etefón de este ensayo, se evidencia que los tratamientos de dosis bajas de Etileno (200 ppm y 300 ppm), presentan los mejores pesos estimados durante la mayoría de las mediciones, Liu *et al* 2011a, Indican que los

niveles bajos de IAA (Auxina) , GA3 (Giberelina) y ZT (Citoquinina) y niveles altos de Etileno, (Ácido Abscisico) y 2 -iP (Isopentyl adenina) facilitan el inicio de la inflorescencia , mientras que los altos niveles de ZT (Citoquinina) , IAA (Auxina) y GA3 (Giberelina), y *bajos niveles de Etileno* y ABA facilitado desarrollo de la inflorescencia; para este ensayo la alta concentración de Etefón (400, 500, 600 ppm) podría haber incrementado la concentración de etileno endógeno y haber retrasado el desarrollo inicial de la fruta, como también lo reporto Manica, 2000, reportado por Espinola 2005.

3.2.4 Efecto del Etefón en el incremento semanal en el peso del fruto

Establecer una curva con las épocas de mayor crecimiento del fruto permiten identificar las épocas de demanda de recursos para llenado del fruto, esta herramienta es de valiosa importancia para la programación de los planes de fertilización y abastecimiento hídrico del cultivo con el fin de aprovechar el máximo el potencial genético productivo de los cultivares de piña; de acuerdo con (Coombe, 1976; Hunt, 1990) también son útiles para estimar el peso que tendrá el fruto en la cosecha.

Para la curva de crecimiento del fruto de la piña (Fig. 5A y 5B) existen cuatro épocas a partir de la semana 10 DIF, en las que se presentan incrementos importantes en el peso estimado y crecimiento del fruto de la piña MD2 (Tabla 5).

Para la primera época, comprendida entre la semana 10 y 12 DIF, se presentaron incrementos importantes en las curvas de crecimiento de aproximadamente 13,42, 10,85 11,98 g.fruto⁻¹.dia⁻¹ respectivamente para: TSE (Tratamiento 0 ppm de Etefón), TCE (Promedio de todos los tratamientos con Etefón excluido T2), y T2 (200 ppm), (Fig. 5B). Transcurrido aproximadamente el 50 % del tiempo de fructificación, se logra en esta época la acumulación de cerca del 14 % de peso

final del fruto, no se presentan diferencias estadísticas entre tratamientos con y sin Etefón.

Tabla 5. Valores promedios de peso (gr) estimado y acumulado por semana para tratamientos: Sin Etefón con Etefón (promedio de tratamientos exceptuando, T2) y Tratamiento 2 (200 ppm), desde la semana 10 Después de la inducción floral, hasta la cosecha, en piña cv MD2 bajo condiciones de la zona plana en el Valle del Cauca

| SEM DIF | PESO EN GRAMOS | | | | | | | | |
|------------|----------------|---------------------|--------------------|---------------|---------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|--------------------|
| | SIN ETEFON | | | CON ETEFON | | | TRATAMIENTO 2 200 PPM | | |
| | ACUMULAD O | GANANCIA SEMANAL | GANANCIA DIARIA | ACUMULAD O | GANANCIA SEMANAL | GANANCIA DIARIA | ACUMULAD O | GANANCIA SEMANAL | GANANCIA DIARIA |
| 10 | 33,24 | | | 66,72 | | | 50,11 | | |
| 11 | 119,91 | 86,67 | 12,38 | 114,46 | 47,74 | 6,82 | 109,65 | 59,54 | 8,51 |
| 12 | 221,18 | 101,27 | 14,47 | 218,57 | 104,11 | 14,87 | 217,79 | 108,14 | 15,45 |
| 13 | 234,58 | 13,40 | 1,91 | 256,47 | 37,90 | 5,41 | 258,25 | 40,46 | 5,78 |
| 14 | 248,22 | 13,64 | 1,95 | 298,63 | 42,16 | 6,02 | 306,65 | 48,40 | 6,91 |
| 15 | 334,20 | 85,98 | 12,28 | 463,80 | 165,17 | 23,60 | 508,85 | 202,20 | 28,89 |
| 16 | 444,49 | 110,29 | 15,76 | 517,41 | 53,61 | 7,66 | 550,76 | 41,91 | 5,99 |
| 17 | 525,72 | 81,23 | 11,60 | 622,12 | 104,71 | 14,96 | 647,69 | 96,93 | 13,85 |
| 18 | 682,45 | 156,73 | 22,39 | 749,44 | 127,32 | 18,19 | 750,00 | 102,31 | 14,62 |
| 19 | 728,60 | 46,15 | 6,59 | 798,10 | 48,67 | 6,95 | 795,00 | 45,00 | 6,43 |
| 20 | 779,14 | 50,54 | 7,22 | 879,47 | 81,37 | 11,62 | 920,00 | 125,00 | 17,86 |
| 21 | 1008,55 | 229,41 | 32,77 | 1173,97 | 294,50 | 42,07 | 1187,22 | 267,22 | 38,17 |
| 22 | 1102,21 | 93,65 | 13,38 | 1346,36 | 172,39 | 24,63 | 1404,60 | 217,38 | 31,05 |
| 23 | 1226,88 | 124,67 | 17,81 | 1503,77 | 157,41 | 22,49 | 1606,05 | 201,45 | 28,78 |
| 24 | 1348,55 | 121,67 | 17,38 | 1651,17 | 147,40 | 21,06 | 1806,05 | 199,99 | 28,57 |

La segunda época de mayor incremento de peso se presenta entre la semana 13 y 15 DIF; (Fig. 5B) se obtienen incrementos de peso del 7,12; 14,81; y 17,90 g.fruto⁻¹.dia⁻¹ para el TSE, TCE, y T2 respectivamente; se logra hasta este momento la acumulación del 27 % del tamaño final del fruto, y habiendo transcurrido más del 60 % del tiempo de fructificación. Los mayores incrementos de peso estimado son logrados por los tratamientos con la aplicación del Etefón; sin la aplicación, la ganancia de peso es mucho menor.

Entre la semana 16 y la 18 se presenta la tercera época, en este periodo se acumula hasta el 45 % del tamaño final del fruto con el 75 % del tiempo total de

fructificación transcurrido, los incrementos ascienden a 16,58; 13,60; 11,48 $\text{g.fruto}^{-1}.\text{dia}^{-1}$, para el TSE, TCE, y T2 respectivamente

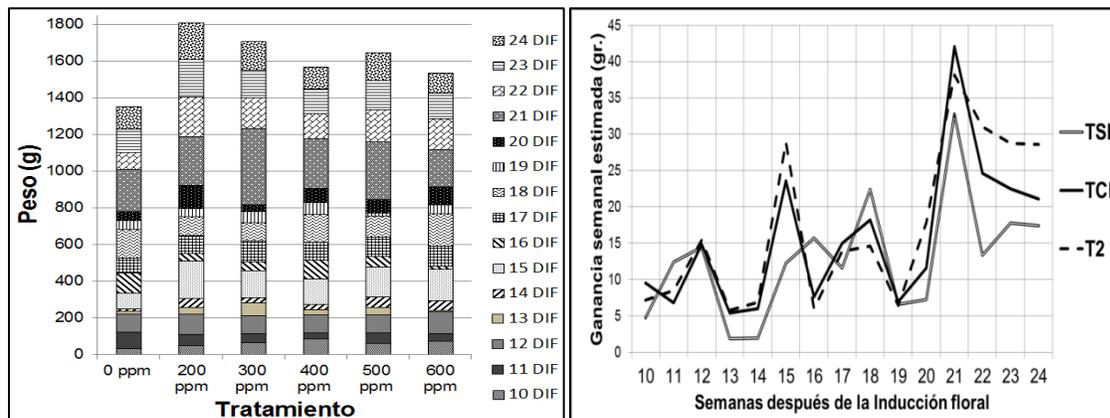


Figura 5A y 5B. Incremento semanal promedio de peso (gr) estimado del fruto. A) Para tratamientos con distintas dosis de Etefón, B) Incremento semanal (gr) para tratamientos: Sin Etefón (SE); Con Etefón (CE = Promedio de tratamientos, exceptuando T2), y Tratamiento 2 (200 ppm), desde la semana 10 Después de la inducción floral, hasta la cosecha, en piña cv MD2 bajo condiciones del Valle del Cauca.

El llenado del fruto en una cuarta época, a partir de la semana 20 y 21 DIF (Fig. 5B) presenta el mayor incremento en la demanda de recursos con respecto a las demás épocas, se presentan valores de peso promedio estimado de 20,00; 26,85 y 28,02 $\text{g.fruto}^{-1}.\text{dia}^{-1}$, para el TSE, TCE, y T2 respectivamente, luego para la semana 22, 23 y 24 las demandas decrecen con respecto al valor de la semana 21 pero se mantienen relativamente constantes durante las tres semanas lo que indica demandas hídricas y nutricionales considerables para el final del llenado del fruto, los valores de incremento promedio para esta época son 16,19; 22,72 y 29,46 $\text{g.fruto}^{-1}.\text{dia}^{-1}$, respectivamente para TSE, TCE, y T2 (Fig. 5A y 5B)

Se calcula que en para el último 20 % del tiempo restante del llenado total del fruto se acumule casi un 52 % del total del tamaño final del fruto (Fig.).

En las últimas 6 semanas los tratamientos con Etefón superan en los valores de incremento de peso al tratamiento sin Etefón, con base a la estimación del peso

del fruto y corroborando con la producción por parcela se espera un efecto positivo del Etefón sobre el peso final del fruto.

3.3 Características organolépticas asociadas a la calidad del fruto

3.3.1 Efecto del Etefón en el pH

La tabla 6 muestra los valores promedios de pH correspondientes a 30, 20, 10, y 0 días AC (antes de la cosecha), para los bloques, los tratamientos, y los tercios.

Para la cuatro mediciones los valores promedios de los tratamientos para el pH oscilaron en los siguientes rangos, $3,8 \pm 0,06$; $3,76 \pm 0,06$; $3,89 \pm 0,04$; y $3,99 \pm 0,045$; valores que se presentan por encima de los registros reportados por *Brat et al* (2004), en piña cv FLHORAN41.

En el 0 día AC, los valores de pH para los tratamientos oscilaron entre 3,95 y 4,04. similares a los de Perola reportado por Reinhardt *et al* 2004; y por encima del valor de Cayena Lisa, y Española roja reportado por Bartolomé (1994), y FLHORAN41 reportado por Brat *et al*, (2004).

No existen diferencias estadísticas altamente significativas en ninguno de los Tratamientos (con y sin Etefón).

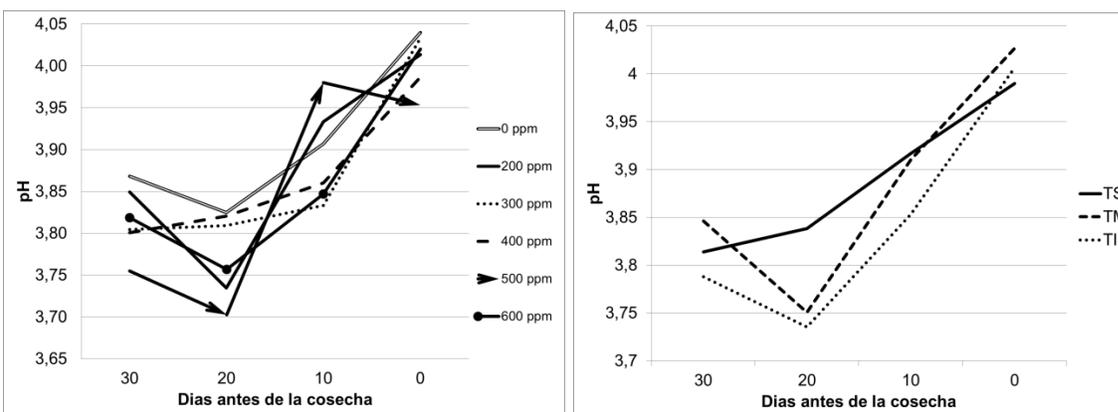
Para el caso de los tercios del fruto, no existen diferencias estadísticas altamente significativas para TS, TM y TI (Tabla 6) sin embargo los valores del tercio superior son mayores al igual que lo reportado por Reinhardt *et al* 2004 en perola y Rebolledo 2006, en cayena lisa

En la figura 6A, se muestra la tendencia del valor promedio de pH para cada uno de los 6 tratamientos en el tiempo desde 30 a 0 días antes de la cosecha.

Tabla 6. Valores del pH del fruto de la Piña cv. MD2, bajo el efecto de Etefón tomados a diferentes días antes de cosecha en condiciones del Valle del Cauca

| *DAC | Tratamientos (Etefón/ha en ppm) | | | | | | **Tercio del fruto | | |
|------|---------------------------------|---------|--------|---------|--------|---------|--------------------|--------|--------|
| | 0 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | TS | TM | TI |
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | | | |
| M1 | a 3,87 | a 3,85 | a 3,80 | a 3,80 | a 3,75 | a 3,82 | a 3,81 | a 3,85 | a 3,79 |
| M2 | a 3,82 | ab 3,73 | a 3,81 | a 3,82 | b 3,70 | ab 3,76 | a 3,84 | b 3,75 | b 3,74 |
| M3 | ab 3,91 | ab 3,93 | b 3,8 | ab 3,86 | a 3,98 | ab 3,85 | a 3,92 | a 3,91 | a 3,85 |
| M4 | a, 4,04 | a 4,01 | a 4,03 | a 3,99 | a 3,95 | a 4,02 | a 3,99 | a 4,03 | a 4,01 |

Todos los datos corresponden a valores promedios. Valores con letras iguales no son estadísticamente significativos. * DAC: Días antes de la cosecha, M1 = 30 días; M2 = 20 días; M3 = 10 días; M4 = 0 días. ** Tercio del fruto: TS = Tercio superior, TM = Tercio medio, TI = Tercio inferior.

**Figuras 6A 6B.** Tendencia del valor del pH del fruto de la Piña cv. MD2, bajo el Efecto del Etefón. Valores promedios obtenidos entre tratamientos (A) y entre tercios (B) para 4 épocas distintas. 30, 20, 10 y 0 días antes de la cosecha.

En MD2, El pH para la mayoría de los tratamientos con la aplicación de Etefón, (exceptuando el T3 y T4) decrecen hasta el día 20 AC (Antes de la cosecha) y a partir de esta medición el valor del pH aumenta para todos los tratamientos, en Cayena Lisa también aumenta (Saradhuldhath *et al*, 2007) (Adisak and Jintana, 2011)

3.3.2 Efecto del Etefón en el la acidez

A 30 día AC, (Tabla 6) existieron diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos con y sin Etefón; para el tratamiento sin el inductor la formación y acumulación de ácidos orgánicos en esta época, posiblemente sea muy baja (Fig. 7A) a causa de la floración natural y tardía formación del fruto, comparada con los demás tratamientos; Es de esperarse entonces que los tiempos de inicio de formación, incremento y acumulación de la acidez sean distintos a los valores de la Acidez de las frutas inducidas artificialmente para la misma época. Posteriormente en ninguna de las 3 últimas mediciones de la Acidez se presentó diferencias altamente significativas entre tratamientos con y sin Etefón.

A 0 días AC, el valor promedio de Acidez para MD2 es 0,48 % (promedio de tercios), superior al 0,35 % (promedio de tercios) reportado igual para MD2 por Rebolledo 2006; mientras que es menor que los valores de 0,53 (promedio de tercios); 0,8; y 1,27 reportados para: Perola (Reinhardt *et al* 2004), Cayena Lisa, y Red Spanish (Bartolomé *et al* 1994) respectivamente; según lo anterior es claro que la variedad MD2 presenta una menor acidez que los cultivares con los que es comparada, y su pH es similar al de FLHORAN41.

Los promedio de los valores de la Acidez para los tratamientos en las 4 épocas son: $0,44 \pm 0,08$; $0,5 \pm 0,04$; $0,54 \pm 0,035$; y $0,47 \pm 0,03$; estos registros evidencian un incremento en valor del porcentaje de Acidez en las primeras mediciones (30, 20 y 10 días AC) pero finalmente a 0 días AC los valores bajan. Estos promedios se encuentran por debajo de los valores reportados en el cv FLHORAN41 por Brat *et al*, 2004; para las 3 primeras épocas respectivas, pero en la M4 los valores son similares.

Tabla 7. Valores de la acidez del fruto de la Piña cv. MD2, bajo el Efecto del Etefón tomados a diferentes días antes de cosecha en condiciones del Valle del Cauca

| *DAC | Tratamientos (Etefón/ha en ppm) | | | | | | Tercio del fruto | | |
|------|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|------------------|--------|--------|
| | 0 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | TS | TM | TI |
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | | | |
| M1 | C 0,36 | A 0,50 | BC 0,40 | A 0,52 | BA 0,49 | BA 0,48 | A 0,43 | A 0,48 | A 0,47 |
| M2 | BA 0,50 | BA 0,49 | BA 0,46 | BA 0,49 | A 0,54 | BA 0,48 | A 0,46 | A 0,51 | A 0,51 |
| M3 | A 0,50 | A 0,57 | A 0,53 | A 0,50 | A 0,56 | A 0,51 | A 0,55 | A 0,55 | A 0,49 |
| M4 | A 0,50 | A 0,44 | A 0,50 | A 0,46 | A 0,49 | A 0,47 | A 0,48 | A 0,48 | A 0,48 |

Todos los datos corresponden a valores promedios. Valores con letras iguales no son estadísticamente significativos.

* Días antes de la cosecha: M1 = 30 días; M2 = 20 días; M3 = 10 días; M4 = 0 días.

** Tercio del fruto: TS = Tercio superior, TM = Tercio medio, TI = Tercio inferior

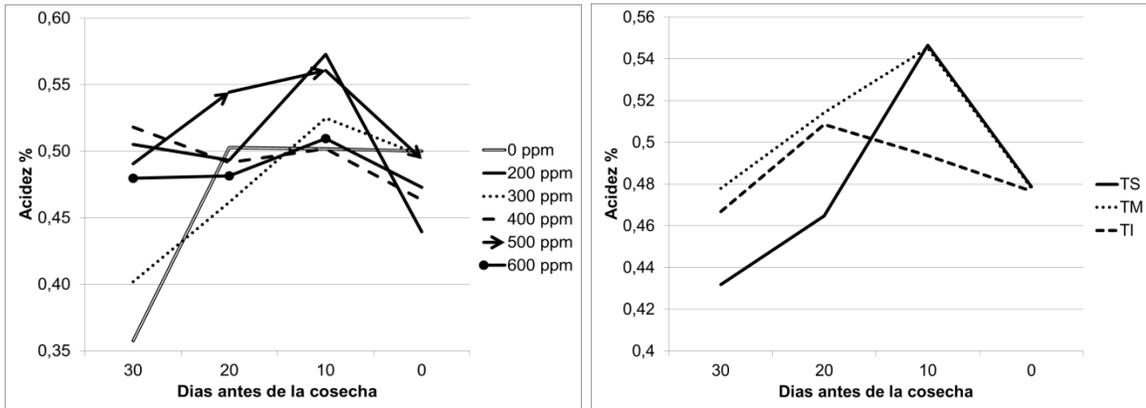
En los tratamientos con Etefón se presenta acumulación de ácidos orgánicos en menor tiempo dado su relativa homogeneidad en los estados de fructificación (Fig. 7A). para piña MD2 bajo las condiciones de aplicación del inductor, la acidez desciende 10 días antes de la cosecha.

Se evidencia la progresiva maduración de la fruta referente a la acumulación de ácidos y conversión a azúcares, siguiendo un patrón dinámico de maduración que inicia de abajo hacia arriba, como lo reportan

Para los tercios existe también la tendencia de incremento mayor del contenido de los ácidos orgánicos entre los 30 y 10 días antes de la cosecha, finalmente el contenido disminuye y la fruta presenta valores sin diferencias estadísticas significativas.

En el TI, la Acidez se acumula hasta el día 20 antes de la cosecha (Fig. 7A), mientras que para el TS y TM sucede hasta 10 días antes; esta condición es indeseable porque se presenta heterogeneidad entre tercios y finalmente sabores

distintos, se debe tener cuidado cuando se usa como indicador de cosecha, la medición de los grados Brix en un solo segmento de la fruta, puesto que se pueden coleccionar frutas inmaduras; para la M4, la acidez finalmente es uniforme para toda la fruta.



Figuras 7A y 7B. Tendencia del valor de la translucidez en la acidez del fruto de la Piña cv. MD2 bajo el Efecto del Etefón. Valores promedios obtenidos entre tratamientos (A) y entre Tercios del fruto (B) en 4 épocas distintas. 30, 20, 10 y 0 días antes de la cosecha.

La medición realizada en MD2 muestra que al igual que en *FLHORAN41* (Brat, 2004) y en *Cayena lisa* (Saradhuldhath *et al*, 2007; Adisak and Jintana, 2011) inicialmente la acidez aumenta, pero posteriormente baja; en MD2 bajo las condiciones de este ensayo esto ocurre hacia los 10 días antes de la cosecha.

3.3.3 Efecto del Etefón en los grados Brix

La tabla 8 muestra valores promedios de grados Brix expresados en porcentaje para 30, 20, 10 y 0 días antes de la cosecha.

A 30, 20 y 10 días AC existen diferencias altamente significativas entre tratamientos con y sin la aplicación de Etefón; entre tratamientos con Etefón no se presentaron diferencias significativas a excepción del T3 el cual presenta valores menores en los grados brix para 20 y 10 días AC.

En el registro de la M4 no se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas para gradox Brix en ninguno de los tratamientos, al igual como lo reporto Malip en el cv Maspine 2011,

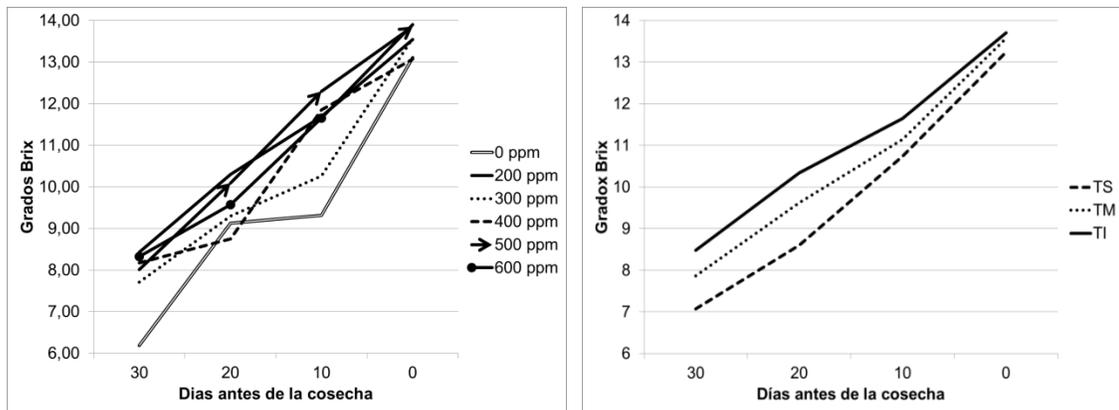
Tabla 8. Valores de los grados Brix en el fruto de la Piña cv. MD2, bajo el Efecto del Etefón, tomados a diferentes días antes de cosecha en condiciones del Valle del Cauca.

| *DAC | Tratamientos (Etefón/ha en ppm) | | | | | | Tercio del fruto | | |
|------|---------------------------------|----------|----------|---------|----------|----------|------------------|---------|---------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | TS | TM | TI |
| | 0 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | | | |
| M1 | B 6,18 | A 8,42 | A 7,71 | A 8,17 | A 8,01 | A 8,01 | C 7,07 | B 7,86 | A 8,48 |
| M2 | C 9,12 | A 10,29 | BC 9,29 | BA 8,74 | BA 10,09 | BA 9,56 | C 8,6 | B 9,62 | A 10,33 |
| M3 | C 9,31 | BA 11,68 | BC 10,26 | A 11,85 | A 12,29 | BA 11,65 | A 10,74 | A 11,14 | A 11,64 |
| M4 | A 13,10 | A 13,54 | A 13,57 | A 13,06 | A 13,85 | A 13,9 | A 13,24 | A 13,57 | A 13,7 |

Todos los datos corresponden a valores promedios. Valores con letras iguales no son estadísticamente significativos. * Días antes de la cosecha: M1 = 30 días; M2 = 20 días; M3 = 10 días; M4 = 0 días. ** Tercio del fruto: TS = Tercio superior, TM = Tercio medio, TI = Tercio inferior.

Los valores de los Grados Brix promedios obtenidos en las 4 épocas fueron : $7,3 \pm 1,12$; $9,52 \pm 0,775$; $10,8 \pm 1,49$; $13,3 \pm 0,235$, e indican que existe un incremento paulatino estos valores se encuentra por debajo de $7,2 \pm 0,8$; $11,0 \pm 0,9$; $13,2 \pm 0,9$; $16,6 \pm 1,1$; valores reportados por Brat *et al* 2004 en el cv FLHORAN41 para las 4 épocas respectivamente. En Cayena lisa Adisak and Jintana, 2011 reportan un incremento en los grados Brix .

Los valores de Grados Brix reportados para 0 días AC son 13,5; resultados superiores a 10.33 y 12.48 reportados para Cayena lisa y Española Roja respectivamente, (Bartolome 1994); y similares a 13,76 (promedio de tercios) en cv Perola reportada por Reinhardt *et al* 2004.



Figuras 8A y 8B. Tendencia del valor de los grados Brix en el fruto de la Piña cv. MD2, bajo el Efecto del Etefón. Valores promedios obtenidos entre tratamientos (A) y entre tercios (B) en 4 épocas distintas. 30, 20, 10 y 0 días antes de la cosecha.

El sabor dulce es propio de la presencia de Carbohidratos que se forman a partir de la degradación de ácidos orgánicos, Azcon Bieto y Talon 1996, esto se manifiesta con valores en grados Brix que se incrementan pero que en la época de cosecha en MD2 no presentan diferencias estadísticas entre tratamientos con y sin Etefón; la figura 8A muestra como el contenido de azúcares en la tercera medición para T1 y T3 disminuyen, pero finalmente alcanzan valores similares a los demás tratamientos al momento de la cosecha.

Aunque estadísticamente no existan diferencias altamente significativas, sensorialmente ocurren cambios importantes, resultando probablemente de mejor sabor los frutos de plantas inducidas, igual a lo reportado por Asare-Bediako en 2007

A mayor concentración del inductor probablemente se presente mayor concentración de Etileno exógeno que permita garantizar en el corto tiempo, la diferenciación floral y el rápido inicio del proceso de desarrollo de la fruta, al final encontramos frutas que aventajan en el tiempo de maduración a las demás en 3 o 4 días.

Los valores del T1 donde no se aplicó el inductor expone el caso contrario, donde la concentración de etileno producido naturalmente probablemente sea muy baja y el proceso de diferenciación floral requiera de más tiempo, en consecuencia se encuentran en la unidad experimental frutas en diferentes estados de maduración que al valorarlas en conjunto exhibirán resultados mas bajos en los grados Brix a los esperados en los otros tratamientos.

En los tercios se presentan diferencias entre los tercios superior, medio e inferior con valores de 8,6, 9,62 y 10,33 % respectivamente.

Los tercios inferiores son los que presentan mayor Brix, (Sideris y Krauss, 1933; Reinhardt *et al* 2004; Rebolledo 2006), el patrón dinámico de maduración se presenta de abajo hacia arriba.

3.3.4 Efecto del Etefón en el contenido de vitamina C

Para la M1, se presentan diferencias altamente significativas entre tratamientos con y sin Etefón, pero. Los valores más altos se presentan en los tratamientos a los que se les aplico el inductor (Tabla 9), sin embargo no existen diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos.

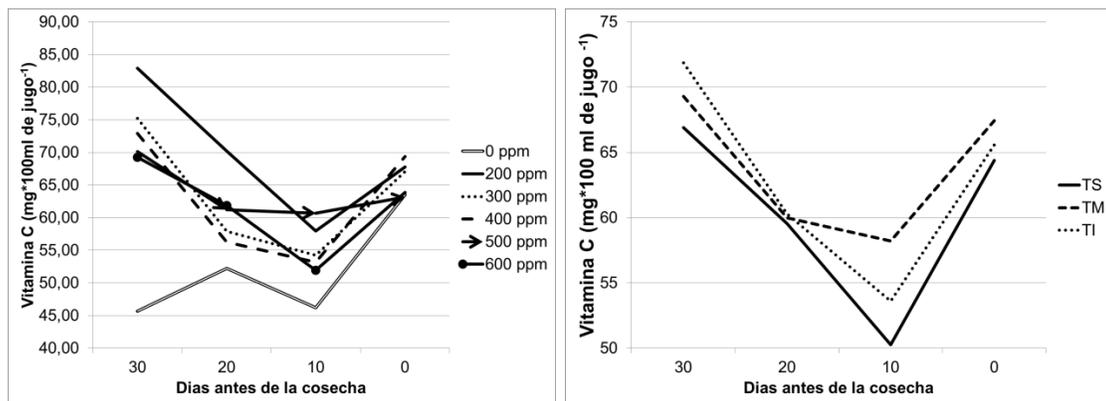
Para la M3, y M4 no se presentan diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos, esto indica que el Etefón aplicado como inductor floral no presenta un efecto residual de etileno capaz de generar respuestas distintas de plantas no tratadas en el contenido de Vitamina C.

Según la Figura 9A, la estimación en el contenido de vitamina C a partir de los 30 días y hasta los 10 días antes de la cosecha presenta una tendencia a la baja para todos los tratamientos, pero, a partir de los 10 días antes de la cosecha y hasta la cosecha el contenido de vitamina C aumenta, esto es similar a lo encontrado por Miller (1951), pero contrario a lo reportado por Reinhardt *et al* 2004, quien menciona una baja en el contenido de vitamina C una vez la fruta está madura,

Tabla 9. Valores en el contenido de vitamina C del fruto de la Piña cv. MD2, bajo el Efecto del Etefón tomados a diferentes días antes de cosecha en condiciones del Valle del Cauca

| *DAC | Tratamientos (Etefón/ha en ppm) | | | | | | **Tercio del fruto | | |
|------|---------------------------------|---------|---------|---------|----------|----------|--------------------|----------|---------|
| | 0 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | TS | TM | TI |
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | | | |
| M1 | B 45,64 | A 82,91 | A 75,20 | A 79,21 | A 70,15 | A 69,25 | A 71,85 | A 69,29 | A 66,89 |
| M2 | B 52,19 | A 70,21 | A 57,91 | B 56,21 | AB 61,19 | AB 61,85 | A 60,27 | A 59,98 | A 59,54 |
| M3 | A 46,21 | A 57,96 | A 54,23 | A 53,14 | A 60,64 | A 51,94 | A 50,27 | AB 58,21 | A 53,58 |
| M4 | A 63,48 | A 67,76 | A 67,76 | A 69,36 | A 63,18 | A 63,89 | A 54,38 | A 67,38 | A 65,57 |

Todos los datos corresponden a valores promedios. Valores con letras iguales no son estadísticamente significativos. * Días antes de la cosecha: M1 = 30 días; M2 = 20 días; M3 = 10 días; M4 = 0 días. ** Tercio del fruto: TS = Tercio superior, TM = Tercio medio, TI = Tercio inferior.



Figuras: 9A y 9B. Tendencia del valor del contenido de vitamina C bajo el Efecto del Etefón en el fruto de la Piña cv. MD2 Valores promedios obtenidos entre tratamientos (A) y entre tercios (B) para 4 épocas distintas. 30, 20, 10 y 0 días antes de la cosecha.

El contenido de Vitamina C en cv MD2 promedio en la M4 es 62,44 similar a los valores de cv Spiny Guatemala reportado por Singleton 1955, citado por Bartholomew 2003 y superior a los contenidos de 17,61 en perola (Reinhardt *et al* 2004); 19,2 en Cayena lisa Thé *et al* 2010 y los valores de 18.0 18,6 y 17,8 reportados por Española Roja, P3R5, Dwarf, respectivamente. (Perez y otros 2012).

No existen diferencias entre ninguno de los tratamientos (con y sin Etefón); sin embargo se observa que El T1 (Sin Etefón) registra siempre valores menores, por lo que se concluye que la aplicación del inductor incrementa el contenido de vitamina C, esta ventaja puede ser utilizada para seleccionar frutas para la conservación en frío, ya que altos contenidos de ácido ascórbico previenen las lesiones por enfriamiento en frutos de piña susceptibles a las bajas temperaturas (Paull y Chen, 2000 y Seymour *et al.*, 1993).

Para los tercios no existen diferencias estadísticas altamente significativas, sin embargo los valores en el contenido de vitamina C para el TS es menor contrario a lo reportado por Reinhardt *et al* 2004.

3.3.5 Efecto del Etefón en la translucidez

Las mediciones de la translucidez de la fruta para este ensayo iniciaron una semana antes de la cosecha (Tabla 10) y los porcentajes de áreas afectadas superaban en la mayoría de las mediciones para bloque y tratamientos el 30 %, por lo que se deduce y comprueba lo argumentado por Paull y Reyes, 1996, quienes exponen que la translucidez puede iniciar 3 o 4 semanas antes de la cosecha, y que es una lesión fisiológica asociada a la madurez de la fruta.

La translucidez va avanzando y prueba de esto es el aumento en área de la lesión, estos resultados fueron similares a los obtenidos por Py *et al*, 1984.

Para la (M1) realizada 10 días antes de la cosecha se presenta diferencia estadísticas altamente significativas entre *el grupo* T1 y T2, con valor de área translucida de 37,5 y *el grupo* T2, T3, T4, T5 y T6, con valores entre 39,3 y 43,6 % respectivamente, lo que indica que dosis de más de 300 ppm aplicadas como inductor podrían incidir en la translucidez para esta época.

Tabla 10. Valores de la translucidez bajo el Efecto del Etefón en el fruto de la Piña cv. MD2, tomados a diferentes días antes de cosecha en condiciones del Valle del Cauca. * Días antes de la cosecha: M1 = 10 días; M2 = 0 días. ** Tercio del fruto: TS = Tercio superior, TM = Tercio medio, TI = Tercio inferior. *** Valores con letras iguales no son estadísticamente significativos.

| *DA C | Tratamientos (Etefón/ha en ppm) | | | | | | Tercio del fruto | | |
|----------|---------------------------------|------|------|------|------|------|------------------|------|------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | TS | TM | TI |
| | 0 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | | | |
| M1 | B | B | AB | A | AB | A | B | AB | A |
| | 37.5 | 37.5 | 39.4 | 43.6 | 39.3 | 41.7 | 37.3 | 40.4 | 41.9 |
| M2 | A | A | A | A | A | A | A | A | A |
| | 41.9 | 42.3 | 42.6 | 42.0 | 45.1 | 43.3 | 41.9 | 43.0 | 43.8 |

Se evidencia un aumento en el contenido de azúcares tal como lo registraron Chen y Paull 2000; Brat *et al* 2004; Dou *et al* 2011.

Para los tercios superior, medio e inferior en la M1 no se presentan diferencias estadísticas altamente significativas, sin embargo se puede apreciar en la Figura 10, que la maduración se presenta con mayor incidencia en el tercio inferior como también lo encontraron Paull y Reyes, 1996.



Figura 10. Translucidez en la fruta de la piña cv. MD2. El tercio inferior es el más afectado, la translucidez inicia en el tercio inferior y avanza conforme al

Para la (M2) no se encontraron diferencias estadísticas significativas, ni entre tratamientos; ni entre tercios; los valores registrados de porcentaje de áreas translucidas para los tratamientos se presentan entre 41,9 y 45,1 %.

En la M2 igualmente como sucedió en la M1 pese a que los tercios presentan tonalidades amarillo translucidas distintas producto de las lesiones, no presentan diferencias estadísticas significativas entre ellos; los valores se encuentran entre 41,9 y 43,8 %.

De acuerdo con Soler 1993 distintos factores pueden causar un aumento en la actividad enzimática que genera daño a las membranas de las células, de los tejidos de la base de los frutos, lo que permite la salida de agua y azúcares,

3.3.6 Efecto del Etefón en el peso del fruto

Tabla 11. Valores promedios de peso del fruto de la Piña cv. MD2, bajo tratamientos con Etefón tomados a diferentes días antes de cosecha en condiciones del Valle del Cauca.

| *DAC | Tratamientos (Etefón/ha en ppm) | | | | | |
|------|---------------------------------|--------|--------|---------|---------|---------|
| | 0 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 |
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 |
| 168 | B 1322 | A 1774 | A 1708 | AB 1592 | AB 1600 | AB 1594 |

En la tabla 11, se muestran los valores promedios de el peso del fruto de la piña, estos datos sugieren que existen diferencias significativas entre tratamientos con y sin Etefón, Entre los tratamientos a los que se aplicó el inductor no existen diferencias significativas similar a lo reportado por Jiménez *et al*/1984, y Chanai, 1988.

El menor valor promedio de peso del fruto se presentó en el tratamiento sin Etefón, esto sugiere que el uso del Etefón incide en el promedio del peso del fruto

y que su uso es indispensable para la obtener cosechas homogéneas, que representen menor costos en la recolección.

Entre los tratamientos donde se aplicó el inductor pese a que no existen diferencias significativas se destaca los promedios de pesos de los tratamientos T2 y T3 (200 y 300 ppm) los cuales son superiores a los demás tratamientos.

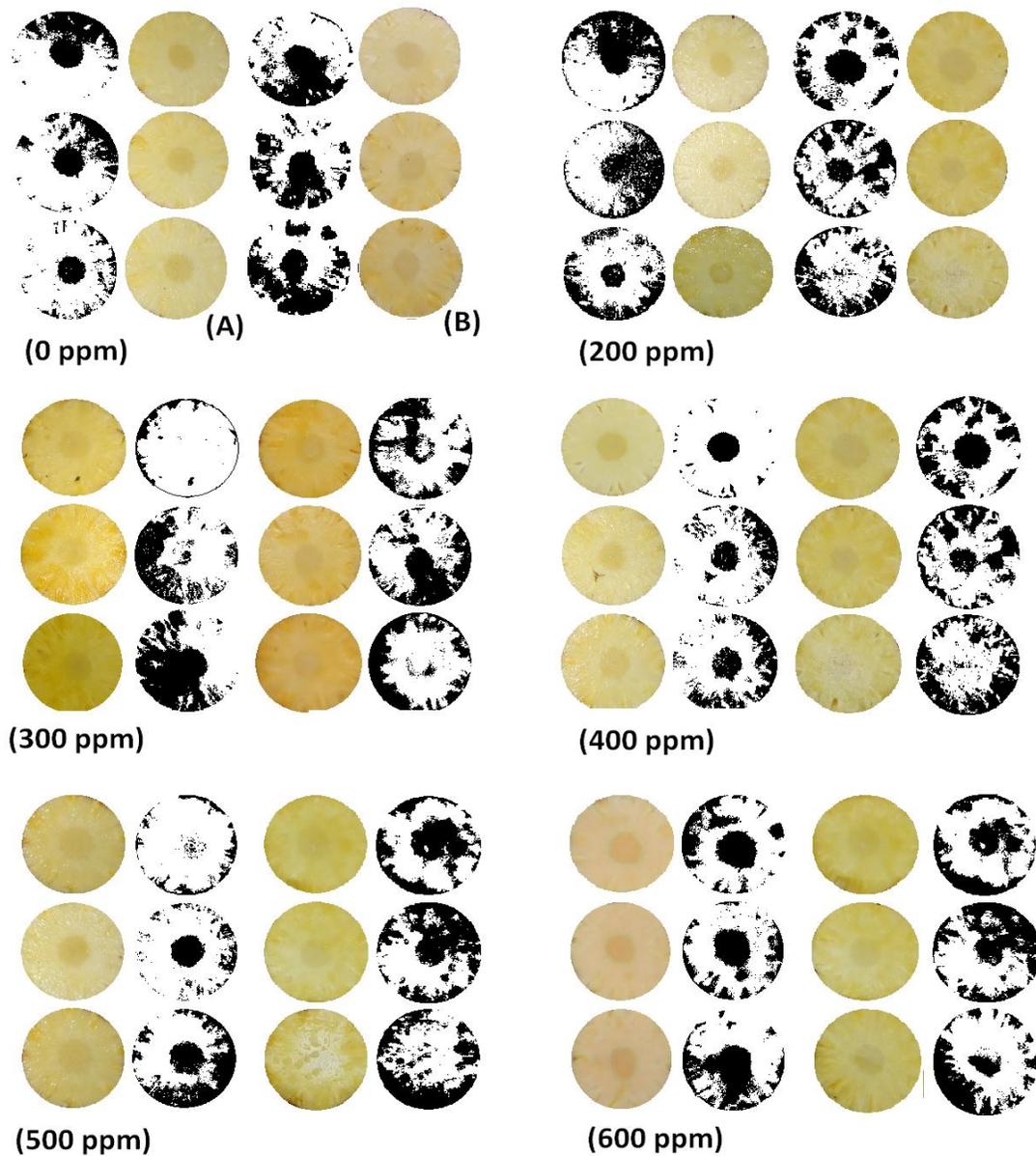


Figura 11. Tendencia del valor de la Translucidez de los tres tercios del fruto de la piña MD2 bajo distintas dosis de Etefón en condiciones del Valle de Cauca.

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

- Cuando no se aplica Etefón la diferenciación floral es dispersa y se aumenta el tiempo transcurrido entre la inducción y la maduración de la fruta.
- Dosis de 300 ppm de Etefón es adecuada para obtener porcentajes de floración superiores a 92 %, a 40 días después de la inducción floral.
- Con la aplicación de 200 ppm de Etefón se pueden obtener porcentajes de floración superiores a 96 %, 60 días después de inducción.
- Bajo las condiciones de este ensayo la aplicación de Etefón adecuada para garantizar porcentajes de floración superiores a 96 % es de 200 ppm, sin que se afecten las características de pH, acidez, grados Brix, Vitamina C y Translucidez del fruto.
- El modelo de regresión: $Y = 0,8143X - 58,815$ ($R^2 = 0,97$). Donde $X = DP \times DE_1 \times DE_2$, puede ser utilizado para estimar el peso del fruto de la piña MD2 de una manera no destructiva.

4.2 Recomendaciones

- Replicar este ensayo en siembras comerciales aplicando una dosis de 200 ppm.
- Replicar este ensayo con dosis entre 0 ppm y 200 ppm, con el fin de determinar los efectos a dosis menores en piña MD2.

- Utilizar los modelos de regresión para otros cultivares comerciales.
- Continuar la medición de los diámetros del fruto en la planta hasta avanzado el estado de madurez.
- Continuar la medición de los diámetros del fruto cosechado hasta avanzado estado de madurez.
- Medir translucidez con la metodología propuesta a partir de la semana 19 después de la inducción floral, con intervalos de una semana.
- Evaluar el efecto del Calcio en la translucidez de la fruta.

Anexo A: Instructivo para la edición de imágenes en el programa IMAGEJ

Usando el programa IMAGEJ a cada fotografía se le realizó el siguiente procedimiento:

- a) Apertura de archivo desde la carpeta original hasta el programa de edición.(File/open.)
- b) Selección circular con el comando Oval-Elíptico
- c) Copiar la imagen. (Ctrl + C)
- d) Abrir nueva ventana (File/new)
- e) Seleccionar formato: Dar nombre al archivo, Seleccionar tipo (8 bits), y Seleccionar Altura y ancho de imagen. el producto es una imagen en escala de grises.
- f) Pegar imagen (Ctrl + V)
- g) Referenciar un longitud conocida: Habilitar el comando Straight (5to Icono de la barra horizontal), luego trazar una línea por medio de la rodaja de extremo a extremo exacto con la imagen (simulando el diámetro de la rodaja)
- h) Luego ir al menú Analyze/set scale. diligenciar la solicitud: known distance (10); Unit of length: (cm)
- i) Acentuar y mejorar contraste menú : process/enhance contrast/
- j) Convertir la imagen a blanco y negro con el comando del menú principal: process/Bynary/make binary. (El producto es una imagen en blanco y negro)
- k) Selección circular del área total con el comando Oval-Elíptico

5. Bibliografía

- Abutiate W.S. (1978). Effects of ethrel on the flowering of Smooth Cayenne pineapple in Ghana. Journal Title Ghana journal of agricultural science ISSN 0855-0042 Volume/Issue v. 11 (1.2.3).
- Adisak, J. and Jintana, J. 2011. CHEMICAL PROPERTIES AND SUGAR CONTENTS IN 'SMOOTH CAYENNE' PINEAPPLE FRUIT DURING MATURATION. Acta Hort. (ISHS) 902:423-426
- Asare-Bediako, E., Showemimo, F.A, Buah, JN. and Ntow-Manu, AO. 2007. Quality of Pineapple Fruits as Influenced by Floral Induction in Ghana. Department of Crop Science, School of Agriculture. University of Cape Coast, Cape Coast, Ghana. American Journal of Food Technology 2 (2): 100-103,
- ASOFRUCOL Asociación Hortofrutícola de Colombia. Boletín de prensa 004 Agosto de 2013 Plan Nacional de Fomento Hortofrutícola 2012-2022. Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola. http://www.asohofrucol.com.co/archivos/Bolet%C3%ADn_004_Resultados_PNFH.pdf Consultado: 30/08/2013
- Asofrucol <http://www.asohofrucol.com.co/archivos/palmira.pdf> consultada el 11 de septiembre 2011.
- Azcón-Bieto, J. y Talón, M. (ed.) (1996): Fisiología y Bioquímica Vegetal. Interamericana McGraw-Hill, Madrid.
- Barbosa, N.M.L.; Cunha, G.A.P. da; Reinhardt, H.D.; Barros, P.G. 1998. Controle da floração natural do abacaxizeiro 'Pérola' com uréia e reguladores de crescimento, no Recôncavo Baiano. Revista Brasileira de Fruticultura, Cruz das Almas, v. 20, n. 3, p. 359-366, dez,.

- Barceló, C.J., Rodrigo, G.N., Sabater, G.B. y Sánchez, R. 2001. Fisiología Vegetal. Ediciones Pirámide, Madrid. P. 275-306.
- Barraza, A. F. V., 2012 Acumulación de materia seca del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en invernadero. *Temas Agrarios* - Vol. 17:(2) Julio - Diciembre 2012 (18 - 29).
- Barrera, I.A. 2000. Parámetros e índices de recolección de frutas amazónicas promisorias de la Amazonia occidental colombiana. En: Memorias Seminario "Tecnologías de Recolección y Manejo Postcosecha de Frutas Amazónicas con Potencial Económico y Comercial en la Amazonia Occidental Colombiana". Universidad de la Amazonia. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas "SINCHI". PRONATTA. Florencia, Caquetá.
- Bartholomew, D. 'MD-2' 2009. Pineapple Transforms the World's Pineapple Fresh Fruit Export Industry. Dept. Tropical Plant & Soil Sci., Univ. Hawaii at Manoa, Honolulu, HI 96822. Issue No. 16 Newsletter of the Pineapple Working Group, International Society for Horticultural Science.
- Bartholomew, D. P. Coppens G. and Chen, C. C. 2010. "Register of New Fruit and Nut Cultivars," *HortScience*, Vol. 45, No. 5, 2010, pp. 740-742.
- Bartholomew, D., Paull, R. and Rohrbach, K. (2003). The pineapple, Botany, Production and Uses. CABI Publishing. P. 167 – 198.
- Bartholomew, D.P. and Paull, R.E (1986) Pineapple fruit set and development. In: Monselise, S.P. (ed.) Handbook of fruit set and Development. CRC press, Boca Ratón, Florida, pp. 371 – 388.
- Bartolome, A.P, Rupérez, P., y Fúster, C. 1994 Pineapple fruit: morphological characteristics, chemical composition and sensory analysis of Red Spanish and Smooth Cayenne cultivars. Department of Plant Food Science and Technology, Instituto del Frio (C.S.I. C.), Ciudad Universitaria s/n, 28040-Madrid, Spain. *Food Chemistry*. 53 (1995) 75-79.
- Bebbington, M., Hall, A. J., Lai, C. D., and Zitikis, R. 2009. Dynamics and phases of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) growth curves. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. Vol. 37: 179-188. Consultado el 12 de Julio de 2013, en: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/01140670909510263>

- Bengozi, F.J. Procedência, sazonalidade e qualidade físico-química do abacaxi comercializado na ceagesp – são paulo. Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Horticultura) BOTUCATU-SP Junho - 2006
- BERNIER, G. The control of floral evocation and morphogenesis. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, Palo Alto, n. 39, p. 175-219, 1988
- Bernier, G.; Havelange, A.; Houssa, C.; Petitjean, A.; Lejeune, P. 1993. Physiological signals that induce flowering. The Plant Cell, Maryland, v. 5, p. 1147-1155.
- Beyer, E.M. Jr, and Morgan, P.W. (1970) Effect of ethylene on the uptake, distribution, and metabolism of Indoleacetic acid-I-14C and -2- I4C and Naphthaleneacetic acid-I-I4C. Plant Physiol 46: 157-162
- Biale, J.B. and Young R.E., 1981. Respiration and ripening in fruits, retrospect and prospecto. In: Friend, J., Rhodes, M.J.C. (Eds.), Recent Advances in the Biochemistry of fruits and Vegetales. Academic press, New York, pp 1-39
- Bowden, R.P., 1969. Further studies on ripeness in pineapple. Food Technol. (Australia), 21: 160-163.
- Brat, P., Nguyen, L., Hoang, T., Soler, A., Reynes, M., y Brillouet, J. 2004. Physicochemical Characterization of a New Pineapple Hybrid (FLHORAN41 Cv.). Journal. Agric. Food Chem. 52, 6170-6177.
- Burg, S.P., and Burg, E.A. 1966. Auxin-induced ethylene formation and its relation to flowering in the pineapple. Science, Washington, v. 152, n. 3726, p. 1269,
- Casierra, F. y M.C. Cardozo. 2009. Análisis básico del crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Quindío) cultivado a campo abierto. Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín 62(1), 4815-4822..

- Casierra-posada, F., Barreto, V.E., y Fonseca, O. 2004. Crecimiento de frutos y ramas de duraznero (*Prunus persica* L. Batsch, cv. 'Conservero') en los altiplanos colombianos, *Agronomía Colombiana*. 22 (1): 40-45.
- Chanai Yotpetch 1988 Studies on the influence of ethephon: The flowering and quality of pineapple (*Ananas comosus* (L). Mirr) during off-season. Source [Research Abstracts 1984-1988], Rajamangala Institute of Technology, Chon Buri (Thailand). Faculty of Agriculture.- Chon Buri (Thailand), 1988. p. 12-13
- Chen, C., y Paull, R.E., 2000. Sugar Metabolism and Pineapple Flesh Translucency Department of Tropical Plant and Soil Sciences, University of Hawaii at Manoa, College of Tropical Agriculture and Human Resources, 3190 Maile Way, Honolulu, HI 96822 J. AMER. SOC. HORT. SCI. 125(5):558–562..
- Chen, P., M. J. McCarthy, and R. Kauten. 1989. NMR for internal quality evaluation of fruits and vegetables. *Trans. ASAE*. 32: 1747–1753.
- Chyung, A. 2000. Evaluating the internal quality of pineapple by acoustics. ASAE paper No. 00613. ASAE, St. Joseph, MI.
- CODEX ALIMENTARIUS, 2013. INFORME DE LA 45ª REUNIÓN DEL COMITÉ DEL CODEX SOBRE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS Beijing (China), 6 - 11 de mayo de 2013. PROGRAMA CONJUNTO FAO/OMS SOBRE NORMAS ALIMENTARIAS COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS 36.o período de sesiones Roma (Italia), 1 – 5 de julio de 2013. ftp://ftp.fao.org/Codex/Meetings/ccpr/ccpr45/pr45_14s.pdf Consultado el 31 de Agosto 2013.
- Collins, J.L. 1960. The pineapple, botany, cultivation and utilization. New York Interscience Publishers, 244p.
- Coombe, B. G., 1976. The development of fleshy fruits. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 1976.27:507-28 *Annu. Rev. Plant. Physiol.* 1976.27:207-228. Descargado de www.annualreviews.org por Universidad Nacional de Colombia o 06/19/13.

- Costa, S.A., Fumis, T.DF., y Leonel, S.. 2011. Crescimento vegetativo e características Dos frutos de cinco cultivares de Abacaxi na região de bauru-sp. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 33, n. 3, p. 816-822, Setembro 2011.
- Cunha A. R., e Volpe, C.A., 2011. Curvas de crescimento do fruto de cafeeiro cv. Obatã IAC 1669-20 em diferentes alinhamentos de plantio Growth. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 32, n. 1, p. 49-62, jan./mar. 2011. Consultado el 22 de Julio de 2013 en: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/3388/7115>
- Cunha, G. (2005). Applied aspects of pineapple flowering. *Bragantia*, Campinas, 64(4): 499-516.
- Cunha, G.A.P (1985) Indução da floração na cultura do abacaxi. Informe agropecuário No 130 outubro 85 ISSN:0100.3364.
- Cunha., G. A. P.. Eficiência do ethephon, em mistura com hidróxido de cálcio E uréia, na floração do abacaxi1 rev. Bras. Fisiol. Vegetal, 1 (1):51-54, 1989.
- DANE Departamento Administrativo Nacional de Estadística . SIPSA Sistema de información de precios y abastecimiento del sector agropecuario boletín semana 4 de enero de 2013. Núm. 29 p. 2. http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/public/boletines/sipsa/Semana_29dic_04ene_2013.pdf consultado el 31 de Agosto de 2013
- DANE Departamento Administrativo Nacional de Estadística y ENCUESTA NACIONAL AGROPECUARIA ENA-2011 BOLETIN DE PRENSA. Febrero 24 de 2012. Bogotá, D. C. Consultado: 30/08/2013 http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/ena/boletin_ena_2011.pdf
- Diario Oficial de la Unión Europea. Parlamento Europeo y del Consejo. REGLAMENTO (UE) N o 459/2010 DE LA COMISIÓN de 27 mayo 2010. <http://eurex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:129:0003:0049:ES:PDF> Consultado el 31 de Agosto de 2013
- Díaz R.J 2004. Descubriendo los frutos exóticos. pag. 93 Capitel Ediciones s.l.

- Dou, M.A., Yao, Y.L., Du, L.Q., Sun, G.M., Zhang, X.M. and Li, J.G. 2011. Sugar Accumulation Difference Between The Various Sections During Pineapple Development. Acta Hort. (ISHS) 902:141-149. http://www.actahort.org/books/902/902_12.htm
- Duke J.A. 1998. La farmacia natural. Originally published in English in 1997 p 115.
- Escandón, G.G. y Muñoz, F.J.E. 1989. Caracterización de algunos rasgos vegetativos y reproductivos en variedades de aguacate. Persea americana mill. Acta agronómica. Vol 39. (3 – 4). P 22- 35.
- Espinola L.M.D., Villalba N., Espinola, E. 2005 DOSIS Y EPOCAS DE APLICACIÓN DE ETHEPHON (ácido 2- cloroetilfosfónico) PARA INDUCIR LA FLORACION DE LA PINA Ananas comosus L. Merrill VARIEDAD ABACAXI. investigación agraria vol. No 2. Consultado: Octubre 05 2013. <http://www.agr.una.py/revista/index.php/ria/article/view/124/120>
- FAO. Food and Agriculture. Organization Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> Datos consultados el 31 de Agosto de 2013.
- Frank, R. 2003. Going for 'The Gold' Turns Pineapple World Upside Down. Wall Street Journal, Oct. 7, p. 1.
- Freshfel Europe, Asociación Europea de Productos Frescos ACTIVITY REPORT 2012-2013. Business trends P 8. http://www.freshfel.org/docs/2013/FRESHFEL_Activity_Report_-_2013.pdf Consultado: 30/08/2013.
- Gordillo O.A, Rengifo J.A. 2003. Caracterización fenotípica de cultivares de lulo (tesis de Ingeniería Agronómica). Universidad Nacional de Colombia, Palmira, 127 p.
- Grange, R., 1996. Crecimiento del fruto. pp. 449-462. En: Azcón- Bieto, J. y M. Talón (eds.). Fisiología y bioquímica vegetal. Interamericana - McGraw-Hill, Madrid.
- Weaver, R. 1996. Reguladores de Crecimiento de las plantas en la agricultura. Universidad de California, Devis. Editorial Trillas. México

- Groszmann, H.M. Pineapple culture in Queensland. Brisbane, Queensland Agricultural Journal, Brisbane, v. 67, n.2, p. 78-100, 1948.
- Haff, R.P., Slaughter, D.C., Sarig, Y., And Kader, A. 2006. x-ray assessment of translucency in pineapple Journal of Food Processing and Preservation pp 527–533.
- Hernandez, Y., Lobo, M.G., y Gonzalez, M. 2006. Determination of vitamin C in tropical fruits: A comparative evaluation of methods Analytical, Nutritional and Clinical Methods Food Chemistry 96. 654–664.
- Hunt, R. 1990. Basic growth analysis. Plant growth analysis for beginners. Unwin Hyman, Boston. 112 p.
- Jimenez, F., O, Valverde, E.G. 1984. Efecto del Etefón en el crecimiento, floración y producción de tres cultivares de Melon en Canas, Guanacaste Agron. Costarr. 8(1): 17.23.
- Keetch, D.P., 1977. Sunburn in pineapples. Farming in South Africa Pineapple Series No. H.8/1977, 4 pp.
- Kende, H. (1993). Ethylene biosynthesis. Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.. 44: 283-307.
- Kinet, J.-M. 1993. Environmental, chemical, and genetic control of flowering. Horticultural Reviews, Westport, V. 15, p 279-333.
- Krug, H. (1997). Environmental influences on development, growth and Yield. In : Wien, H.C. (ed.) The Physiology of Vegetable Crops. CAB international Wallingford., UK, pp. 101-108.
- Liu, S., Zang, X., Zhang, X., and Sun G..2011b Integrated Effects of Ethylene Absorbents on Flower Forcing of Yellow Mauritius Pineapple Newsletter of the Pineapple Working Group, International Society for Horticultural Science. Issue No. 18, July, 2011. consultado el 05 Octubre 2013. <http://www.ishs-horticulture.org/workinggroups/pineapple/PineNews18.pdf>
- Liu, S.H., Zang, X.P., Sun, G.M. 2011a. Changes in endogenous hormone concentrations during inflorescence induction and development in

- pineapple (*Ananas comosus* cv. Smooth Cayenne) by Ethephon. *African Journal of Biotechnology* Vol. 10(53), pp. 10892-10899, 14 September,
- Malik, V. (2013). Cytogenetic effects of the insecticides: imidacloprid and lambda cyhalothrin in mice.
- Malip M. (2011). A New Formulation for the Flowering of 'Maspine' Pineapple Horticulture Research Centre Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI) Kluang, Johor Malaysia. En H. Abdullah et al. (ed.), 7th International Pineapple Symposium.
- Manica, I., Fioravanço, C., Barradas C., Kist, H., & Gilmar, G (1994). Inducao Do Florescimento E Producao Do Abacaxizeiro Cv. Smooth Cayenne. *Pesquisa Agropecuaria Brazil Brasilia*. Vol. 29 No 1. P. 81 – 86.
- Martinez, R., Martínez, J. J., Martínez-Valero R., y Martínez, J., 2003. Contribución al estudio de la evolución del crecimiento del fruto del cv Hass (*Persea americana* Mill) con respecto al tiempo en las condiciones ecológicas del área de motril (Granada, España). *Proceedings V World Avocado Congress (Actas V Congreso Mundial del Aguacate)* 2003. pp. 257-261. Consultado el 12 de Julio de 2013, en: http://www.avocadosource.com/WAC5/Papers/WAC5_p257.pdf
- MILLER, E. V. Physiological study of fruits of the pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merrill.) with special reference to physiological breakdown. *Plant Physiology*, Lancaster, v. 26, n. 1, p. 66-75, 1951.
- Min, X. & Bartholomew, D. (1993). Effects of growth regulators on ethylene production and floral initiation of pineapple. Department of Agronomy & Soil Science University of Hawaii. U.S.A.
- Min, X., Bartholomew, D. (1996). Effect of plant growth regulators on ethylene production, 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid oxidase activity, and initiation of inflorescence development of pineapple. *Journal of Plant Growth Regulation* 15, P. 121–128.
- Mohammed Selamat , M., Masaud, R., Zahariah, M.N., Fatkhiah, A.M., Md. Noor, Y. and Abdul hamis, I. 2005. Efficacy of different inductants on flowering,

- yield and fruit quality of pineapple Josapine on peat soil. *J. Agric and Trop. Fd. Sci.* 33:9-15
- Musgrave, A., and Walters, J., (1973) Ethylene-stimulated growth and auxin-transport in *Ranunculus sceleratus* petioles. *New Phytol* 72: 783 -. 789
- Obrero, I.Q. 2002. Use of different concentrations of Ethephon at reduced rate as flower inducer for Queen Pineapple (Department of Agriculture-Regional Field Unit 5, Daet, Camarines Norte (Philippines)). Conference 2001 Regional Research and Development (R & D) Symposia, [np], Jul-Sep 2001.
- Pamplona, R. J. 2006. Salud por los alimentos asociación educación y salud. Madrid España. Pag. 180.
- Paul, R, E., y Reyes M, E. Q. 1996. Preharvest weather conditions and pineapple translucency fruit *Scientia Horticulturae* 66 (1996) 59-67
- PAULL, R.E. Pineapple. En: *Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits*. Editado por S.K. Mitra. CAB INTERNATIONAL. Nueva York, USA. p. 291-323. 1997
- Peña, A., Diaz, J., & Martínez T. (1996). *Fruticultura Tropical*. Instituto Colombiano Para La Educación Superior Colombia ed. Felix Varela. P. 232.
- Perez, A., y Plattner, K.. (2013). Fruit and Tree Nuts Outlook Tight Early Cherry and Peach Supplies Boosting Early-Summer Prices USDA United states department agriculture. July 26 2013. p 14.
- Pérez, G., Yanez, E., Mboghli, A., Valle, B., Sagarra, F., Yabor, L., Aragón, C., González, J., Isidró, M., y Lorenzo, J.C. 2012. New Pineapple Somaclonal Variants: P3R5 and Dwarf American *Journal of Plant Sciences*, 2012, 3, 1-11 doi:10.4236/ajps.2012.31001 Published Online January 2012 <http://www.SciRP.org/journal/ajps>
- Portela, S.I., 1999. Fisiología y manejo de postcosecha del Tamarillo (*Cyphomandra betacea*) *Avances en Horticultura* 4(1). Consultado el 12 de Julio de 2013, en: <http://www.huertasurbanas.com/wp->

- content/uploads/2013/06/Fisiolog%C3%ADa-y-manejo-de-postcosecha-del-tamarillo.pdf
- PY, C, La piña tropical. Barcelona. España. Editorial, Blume. colección agronomía tropical 1969. Pag 34 – 37, 175 – 183.
- PY, C., and Tisseau M.A., 1965 L´anas G.P. Maisonneuve et Larose, Paris,. 298 p.
- PY, C., LACOEUILHE, J.J., TEISSON, C. The pineapple: cultivation and uses. G.P. Maisonneuve et Larose, Paris,. 1987, 568p
- Randhawa, G., Dass, H., Chacko, E.. (1970). Effect of ethrel, NAA and NAD on induction of flowering in pineapple (*Ananas comosus* L.). *Current Science* 39, 530.
- Rebolledo, M. A. Del Angel P. A., Rebolledo, M. L., Becerril, R.E., Uriza, A. D. 2006. Rendimiento y calidad del fruto de cultivares de piña en densidades de plantación. *Revista fitotecnia mexicana*, Enero – Marzo Año vol. 29, Numero 001. Sociedad Mexicana de Fitotecnia, A. C. Chapingo. México.
- Rebolledo-Martínez, A., Uriza-Ávila, D., Aguirre Gutiérrez, L. 1997. Inhibición de la floración de la piña con diferentes dosis de Fruitone CPA a dos densidades de siembra. *Acta Horticulturae*, Martinica, n. 425, p. 347-354, dez,.
- Reid, M., and Wu, M. (1991). Ethylene in flower development and senescence.. *The plant hormone ethylene*. Boca Raton, FL: CRC Press Inc., 215–234.
- Reinhardt, d, h., Medina v. M, Correa c.r , Cunha, g. A. Herrera R. F. 2004 Gradientes de qualidade em abacaxi ‘pérola’ em função do tamanho e do estágio de maturação do fruto revista. *Brasileira . Frutic., jaboticabal - sp*, v. 26, n. 3, p. 544-546, diciembre
- Reinhardt, D., and Medina, V. (1992). Growth and fruit quality of Perola and Smooth Cayenne pineapple cultivars. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 27, 435–447.
- Rodrigues, A.G. Smoke and ethylene and pineapple flowering. *Journal of Agriculture University of Puerto Rico, Rio Piedras*, v. 16, p. 5-6, 1932

- Rojas, W.U. 1990. Effects of different Ethrel concentrations on the flowering and fruit setting of pineapple (*Ananas comosus* L.) Solidum, P.P. (Central Mindanao Univ., Musuan, Bukidnon (Philippines). Dept. of Horticulture), Date of publication. CMU Journal of Science (Jul-Dec)
- Salisbury, F.B. y C.W. Ross (1994) Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica, México. ojo
- SAMPAIO, A.C.; CUNHA, R.J.P.; CUNHA, A.R. Influência do nitrogênio e de épocas de plantio sobre o crescimento vegetativo e a diferenciação floral natural do abacaxizeiro cv. Smooth Cayenne. Revista Brasileira de Fruticultura, Cruz das Almas, v. 19, n. 1, p. 7-14, 1997.
- Saradhuldhat P., and Paull R E. (2007) Pineapple organic acid metabolism and accumulation during fruit development. 2006Scientia Horticulturae 112 297–303
- Schechter, I., Proctor, J.T.A. and Elfving D. C. 1993. Reappraisal of Seasonal Apple fruit growth Horticultural Research Institute of Ontario. Ontario, Canadá. Canadian Journal of Plant Science. 73:549-556.
- Scott, C. (1997). The effect of two plant growth regulators on the inhibition of precocious fruiting in pineapple. Acta Hort. (ISHS), 334: 77-82.
- Scott, C.H. The effect of two plant growth regulators on the inhibition of precocious fruiting in pineapple. Acta Horticulturae, Honolulu, n. 334, p. 77-82, out, 1993.
- Seymour, G.B., Taylor I.E& Tucker G.A. 1993. Biochemistry of fruit ripening. Chapman & Hall. London. Gran Bretaña. p. 123- 143.
- SGARBIERI, V.C. Composição do abacaxi. Boletim do Centro Tropical de Pesquisas e Tecnologia de Alimentos, Campinas, n. 7, p. 39-50, 1966.
- Sideris, C.P. and B.H. Krauss. 1933. Physiological studies on the factors influencing the quality of pineapple fruits. I. Physicochemical variations in the tissue of ripe pineapple fruits. Pineapple Quarterly 3:82–114.
- Silva Ledo, A.D., De Souza G.T.M., De Oliveira T.K., Da Silva, N.J.R., y Felismino D.A.F. 2004. Efeito de indutores de florescimento nas cultivares de

- abacaxizeiro rbr-1, sng-2 e sng-3 em Rio Branco-acre. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 26, n. 3, p. 395-398, Dezembro 2004
- Sinuco, D., y Morales, A.. 2005. El aroma frutal de Colombia, Cap 9. El aroma de la piña *Ananas comosus* estudio y desarrollo de aromas naturales y artificiales Universidad Nacional de Colombia, 2005 - 345 páginas
- Soler, A., 1991. Maturation and Senescence de l'ananas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) en Cote d'Ivoire. These de l'Universite de Montpellier II, p 262.
- Soler, A. 1993. Enzymatic Characterization Of Stress Induced Translucence Of Pineapple Flesh In The Ivory Coast. Acta Horticulture . (ISHS) 334:295-304
- Soler, A., 1994. Enzymatic characterization of stress induced translucence of pineapple flesh in the Ivory Coast. Acta Hart., 334: 295-304.
- SORNSRIVICHAI, J., YANTARASRI, T. and KALAYANAMITRA, K. 1998. Nondestructive techniques for quality evaluation of pineapple fruits. Acta Hortic. 529, 337–339.
- Sripaoraya, S., Blackhall, N.W., Marchant, R. Power J. B., Lowe K.C., y Davey M. R. 2001 Relationships in pineapple by random amplified polymorphic DNA (RAPD) analysis. Plant Breeding 120, 265 – 267.
- Suttle, J.C. (1988) Effect of ethylene treatment on polar IAA transport, net IAA uptake and specific binding of N-1-naphthylphthalamic acid in tissues and microsomes isolated from etiolated pea epicotyls. Plant Physiol 88: 795-799
- Taiz, L. y Zeiger. E. 2002. Plant physiology. 3rd edition. Sinauer Associates Inc. Publishers, Sunderland. 792 p.
- TAKAO, H. and OHMORI, S. 1996. Apparatuses for nondestructive evaluation of fruits. Proceedings of the U.S.–Japan Cooperative Program in Natural Resources I6-I13, July 14–20, 1996, Anchorage, Alaska.
- Teisson, C. and Combres, J.C (1979). Le brunissement interne de l'ananas. III Symptomatologie. Fruits 34. 315-339.
- Thé, P.M.P., Nunes, R.P., Moreira Ds.L.I., Y Araújo, B.M.. 2010. Características físicas, físico-químicas, químicas e atividade enzimática de abacaxi cv. Smooth cayenne recém colhido. Alim. Nutr., Araraquara v. 21, n. 2, p. 273-281, abr./jun. 2010

- Turnbull, C.G.N., Sinclair, E.R. Anderson, K.L., Nissen, R.J. Shorter A.J. and Lanham E.T.. 1999. Routes of Ethephon Uptake in Pineapple (*Ananas comosus*) and Reasons for Failure of Flower Induction.
- Van de Poel, B., Ceusters, J., De Proft, M. (2009). Determination of pineapple (*Ananas comosus*, MD-2 hybrid cultiv ar) plant maturity, the efficiency of flowering induction agents and the use of activated carbon. *Sci Hort.*, 120(1): 58-63.
- Van Overbeeck, J. 1945. Flower formation in the pineapple plant as controlled by 2,4-D and naphthaleneacetic. *Science, Washington*, v. 102, p. 621,.
- Visser, E. J. W., Cohen, J. D., Barendse. C. W. M., Blom, C. W. P. M., and Voeselek, L A. C. J., 1.996. An Ethylene-Mediated Increase in Sensitivity to Auxin Induces Adventitious Root Formation in Flooded *Rumex pahstris* Sm.' *Plant Physiol.* 112 No 4. 1687-1 692.
- WAREING, P.F; PHILLIPS, I.D.J. *Growth and differentiation in plants*. 3rd. Edition. Oxford: Pergamon Press, 1981. 303 p.
- Weaver, R. 1996. *Reguladores de Crecimiento de las plantas en la agricultura*. Universidad de California, Devis. Editorial Trillas. México
- Williams, D.D.F. and Fleisch, H., 1993. Historical review of pineapple breeding in Hawaii. *Acta Horticulturae* 334:67-76.
- Yang, S., & Hoffman, N. (1984) Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 35:155-189.
- Yeager, S. 2001. *La guía medica de los remedios alimenticios*. Rodale inc. p 555