

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

EFFECTO DE DOSIS Y FUENTES NITROGENADAS SOBRE LA EFICIENCIA DEL
ETHEPHON COMO INDUCTOR DE FLORACIÓN EN PIÑA
TESIS DE GRADO

GELVIN MIGUEL JUAREZ FUENTES
CARNET 22499-10

COATEPEQUE, NOVIEMBRE DE 2017
SEDE REGIONAL DE COATEPEQUE

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

EFFECTO DE DOSIS Y FUENTES NITROGENADAS SOBRE LA EFICIENCIA DEL ETHEPHON COMO
INDUCTOR DE FLORACIÓN EN PIÑA
TESIS DE GRADO

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

POR
GELVIN MIGUEL JUAREZ FUENTES

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

COATEPEQUE, NOVIEMBRE DE 2017
SEDE REGIONAL DE COATEPEQUE

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

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

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

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

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN
LIC. LUIS ALBERTO DE LEON MALDONADO

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN
MGTR. LUIS AMÉRICO MÁRQUEZ HERNÁNDEZ
ING. ANDREA JUSTINA DOMINGO RAMÍREZ
LIC. GUITI MANUEL GAMBOA SANTOS

01 de diciembre de 2017

Consejo de Facultad
Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente

Estimados miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación del estudiante Gelvin Miguel Juárez Fuentes, carné 22499-10, titulada: "EFECTO DE DOSIS Y FUENTES NITROGENADAS SOBRE LA EFICIENCIA DEL ETHEPHON COMO INDUCTOR DE FLORACION EN PIÑA".

La cual considero que cumple con los requisitos establecidos por facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Ing. Luis Alberto de León Maldonado

Colegiado no. 4818

Cód. URL 22263



Universidad
Rafael Landívar
Tradicón Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

No. 06837-2017

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante GELVIN MIGUEL JUAREZ FUENTES, Carnet 22499-10 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES, de la Sede de Coatepeque, que consta en el Acta No. 06179-2017 de fecha 4 de noviembre de 2017, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EFFECTO DE DOSIS Y FUENTES NITROGENADAS SOBRE LA EFICIENCIA DEL ETHEPHON COMO INDUCTOR DE FLORACIÓN EN PIÑA

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

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 27 días del mes de noviembre del año 2017.



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



AGRADECIMIENTOS

A:

Dios por darme la vida, la sabiduría y la bendición de ser una persona profesional.

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

Ing. Luis Alberto de León Maldonado, por su apoyo, asesoría, revisión y corrección de la presente investigación.

DEDICATORIA

A:

Dios: Quién siempre me da la fuerza necesaria para continuar y superar las diferentes etapas de la vida y me bendice con las personas que me rodean.

Mis padres: Miguel A. Juárez Q.P.D y Ofelia I. Fuentes por su inmenso amor, por su tiempo y por su ejemplo a seguir.

Mis abuelos: Guillermo F. Juárez y Lesbia O. Gonzales Q.P.D que lo amo mucho, por sus consejos oportunos, mi alegría y la motivación constante de superación.

Mi familia: Hermanas, tíos, primos, sobrinos y cuñados que de una u otra forma han contribuido en mi formación.

Mis amigos: Por el apoyo, compañía y formar parte de mi desarrollo profesional.

ÍNDICE

Contenido	Página
RESUMEN	i
1.INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2. 2 GENERALIDADES DEL CULTIVO DE LA PIÑA	6
2.2.1 Origen	6
2.2.2 Taxonomía	6
2.2.3. Descripción de la planta	6
2.3 Requerimientos Edafo-climáticos	9
2.3.1 Luminosidad	9
2.3.2 Suelos	9
2.4 Floración	10
2.4.1 Fisiología de la floración	10
2.4.2 Teorías sobre la formación de las yemas de flor	10
2.4.3 Inducción floral	12
2.4.4 Reducción del período juvenil	13
2.4.5 Estimulación de la inducción-diferenciación	13
2.4.6 Inhibición de la inducción	13
2.4.7 Crecimiento de flor	14
2.4.8 Crecimiento de fruto	15
2.4.9 Maduración de fruto	15
2.5 Etephón	16
2.5.1 Modo de acción	16
2.6 Nitrógeno en Piña	18
2.7 Nitrato de amonio	20
2.7.1 Producción	20
2.7.2 Uso agrícola	21
2.8 Nitrato de potasio	21
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	23
3.1 Definición del problema	23

Contenido	Página
3.2 Justificación	24
4. OBJETIVOS	25
4.1 GENERAL	25
4.2 ESPECÍFICOS	25
5. HIPÒTESIS	26
6. MATERIALES Y MÉTODOS	27
6.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	27
6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL	27
6.3 FACTORES A ESTUDIAR	28
6.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	28
6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL	29
6.6 MODELO ESTADÍSTICO	29
6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL	29
6.8 CROQUIS DE CAMPO	30
6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO	30
6.9.1 Inducción de la floración	30
6.10 VARIABLES DE ESTUDIO	34
6.11 ANALISIS DE LA INFORMACIÓN	35
6.11.1 Análisis estadístico	35
6.11.2 Análisis económico	35
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
7.1 Porcentaje de la inducción floral	36
7.2 Homogeneidad de floración	40
7.3 Curva de crecimiento y desarrollo del fruto	47
7.4 Peso de frutos	49
7.5 ANÁLISIS ECONÒMICO	50
8. CONCLUSIONES	53
9. RECOMENDACIONES	53
10. BIBLIOGRAFÍA	56
11. ANEXOS	61

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Combinación de Etrhel [®] y fuentes nitrogenadas en dosis comercial y kg De nitrógeno/hectárea.	28
2. Distribución de los tratamientos a nivel de campo.	30
3. Porcentaje de floración	36
4. Análisis de varianza para porcentaje de floración.	37
5. Prueba DMS, para la interacción Etrhel [®] /dosis fuente de nitrógeno	37
6. Prueba DMS para dosis de fuente de nitrógeno.	37
7. Prueba de Tukey, interacción Ethephón/dosis fuente de nitrógeno para el porcentaje.	39
8. Análisis de varianza para la homogeneidad de la floración, 22 días después de inducción.	41
9. Análisis de varianza para la homogeneidad de la floración, 44 días después de inducción.	42
10. Análisis de varianza para la homogeneidad de floración, 66 días después de inducción.	44
11. Análisis de varianza para peso de fruto de piña.	49
12. Rendimientos de frutos/ha de piña	51
13. Análisis de rentabilidad, para el rendimiento de frutos de piña.	51

ÍNDICE DE FIGURA

Contenido	Página
1. Prueba de Tukey para los gráficos del porcentaje (%) de homogeneidad de floración.	43
2. Prueba de Tukey para los gráficos del porcentaje (%) de homogeneidad de floración a los 66 días después de inducción.	45
3. Gráficos del porcentaje de homogeneidad de floración a los 22, 44 y 66 días después de inducción.	46
4. Curva de crecimiento y días a cosecha de frutos de piña, aplicando Ethephón y como fuente de nitrógeno Urea en cinco dosis.	47
5. Curva de crecimiento y días a cosecha de frutos de piña, Ethephón mas Nitrato de Amonio en cinco dosis.	48
6. Curva de crecimiento y días a cosecha de frutos de piña, Ethephón mas Nitrato de Potasio en cinco dosis.	48
7. Prueba de Tukey peso del fruto.	50
8. Rotulación de la Parcela Experimental	66
9. Preparación de mezcla de Ethephón mas fuentes nitrogenadas para aplicación de inducción floral.	66
10. Productos utilizados para la aplicación de inducción floral.	67
11. Aplicación de Ethephón mas fuentes nitrogenadas.	68
12. Cosecha.	68
13. Pesado del fruto.	69

EFEECTO DE DOSIS Y FUENTES NITROGENADAS SOBRE LA EFICIENCIA DEL ETHEPHÓN COMO INDUCTOR DE FLORACION EN PIÑA

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la aldea Santa Bárbara, del municipio de Catarina, San Marcos. En una plantación de piña de 9 meses de edad, variedad Cayena Lisa, establecida a un distanciamiento de 1.00 m entre surcos y 0.40 m entre plantas. Los problemas que enfrenta el cultivo en la localidad es la fuerza de floración, debido al uso de diversas fuentes de nitrógeno y diferentes dosis de estas fuentes en combinación con Ethephón. Por lo que se evaluó el efecto de tres fuentes nitrogenadas y diferentes dosis sobre la eficiencia del Ethephón como inductor de floración en piña. El diseño experimental empleado fue un arreglo bifactorial combinatorio, bajo el diseño experimental de bloques al azar en parcelas divididas, con 15 tratamientos y 3 repeticiones. Las variables de estudio fueron: porcentaje de inducción floral, homogeneidad de la floración, curva de crecimiento, desarrollo del fruto, peso de frutos y rentabilidad de los tratamientos. El crecimiento de los frutos de piña sigue una curva de tipo sigmoidea simple, la cosecha ocurre a los 225 días después de la inducción y el peso estadísticamente no presentó diferencia significativa, con una media de 2.75 kg. El tratamiento más rentable fue: Ethephón 3.567 l/ha, más Urea 75 kg/ha (T4), indujo a floración al 93% plantas, obteniéndose una producción de 23378 frutos/ha, con un costo de producción de Q35913.30/ha, esto generó un ingreso bruto de Q. 93513.30 y una rentabilidad de 160.39%. Al comparar estos resultados con el tratamiento testigo quien no presentó ninguna inflorescencia se tuvo que el uso de Ethephón más una fuente nitrogenada permite inducir y forzar a la planta a la emisión de inflorescencia teniendo uniformidad en la producción, lo cual permitió aceptar la hipótesis alterna.

1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación de tesis se realizó en aldea Santa Bárbara, del municipio de Catarina, San Marcos, donde el recurso suelo es aprovechado para la siembra y producción de piña (*Ananas comosus*, (L.) Merr), cultivo que ha tomado importancia económica debido a la demanda de su infrutescencia para consumo en fresco, teniendo su mayor valor en épocas cuando en la región no se tienen producciones de forma natural.

En el empleo de nuevas tecnologías de producción los cultivadores de piña ha incorporado el forzamiento floral para manejar diferentes periodos y épocas de producción de los lotes sembrados, para esto realizan aplicaciones de Etileno y diferentes fuentes nitrogenadas, aunque se ha visto en algunos casos, que el uso de etileno y una fuente nitrogenada es una excelente alternativa para reducir el ciclo del cultivo; uniformizar la producción, compactar el periodo de cosecha y programar la producción de acuerdo a las necesidades del mercado y del productor.

Partiendo de que el uso de inductores florales en piña tiene ventajas, y que la fuente nitrogenada que se utilice en la aplicación no tenga efectos colaterales, se evaluó el "Efecto de dosis y fuentes nitrogenadas sobre la eficiencia del Etheption como inductor de floración en piña", el modelo estadístico utilizado fue un arreglo bifactorial combinatorio en bloques al azar en parcelas divididas con 15 tratamientos y 3 repeticiones.

Los resultados obtenidos permitieron determinar que el mayor porcentaje de inducción floral se obtuvo mediante la combinación de Etheption (3.567 l/ha) más 75 kg/ha de urea (T4) con un 93% de plantas con inflorescencia, la máxima homogeneidad de floración con este tratamiento se alcanza a los 44 días después de inducción. El crecimiento de los frutos al igual que muchos frutos tropicales, siguen una curva de tipo sigmoidea simple, alcanzando un peso de frutos con una media de 2.75 Kg.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación se recomienda para obtener el mayor porcentaje de inducción floral, aplicar de forma combinada Ethephón 3.567 l/ha más urea 75 kg/ha (T4), ya que con este tratamiento se obtuvo un 93% de plantas floreadas, con una producción de 23378 frutos y una rentabilidad de 160.39%.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

El cultivo de piña, en Guatemala no es nuevo, sin embargo, el mercado actual exige mejor calidad en el producto y presencia del mismo durante todo el año, por lo que en la actualidad el cultivo produce anualmente 47460 TM, generando \$12,872,000.00, por lo que emplea de forma eventual 1,266,900 jornales/año, y 4525 jornales de forma permanente (BANGUAT, 2015).

De acuerdo al banco de Guatemala, la exportación de la producción nacional es principalmente en fresco hacia los USA, Alemania, México, El Salvador, Honduras y Nicaragua. En los últimos dos años, la exportación ha crecido de una manera acelerada. Los países que más importan piña son en su orden Alemania y USA. Debido al incremento de las áreas de siembra en nuestro país se prevé también un notable crecimiento en la exportación de dicho cultivo. Se estima una inversión media de Q. 42,933/Ha, el 74.4% de la superficie cosechada se encuentra concentrada en 5 departamentos: Guatemala (29.9%), Izabal (15.2%), Alta Verapaz (11.7%), Escuintla (9.3%) y Petén (8.3%). El área sembrada a nivel nacional es de 12,300 hectáreas con una producción media de 2.27 millones de kilogramos (BANGUAT, 2015).

(Rodríguez, 1932), 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 inicio de la floración fue un gas llamado etileno, un hidrocarburo insaturado.

Para realizar la inducción de la floración el peso total de la planta debe estar entre 2,5 a 2,7 Kg. y poseer no menos de 30 hojas. Después de realizada, los frutos pueden cosecharse entre los 5 y 6 meses en dependencia del cultivar, las condiciones climáticas y las exigencias del mercado al que son destinados (OIRSA, 1999).

En la planta de piña una vez se produce la inflorescencia, su desarrollo continúa 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.

Yudini (2009), indica que la piña se cultiva desde los 30° a 33 ° norte. Este autor menciona que la piña pocas veces requiere menos de 12 meses para completar su ciclo (siembra/cosecha), y más comúnmente la duración del ciclo es de 18 a 24 meses e incluso hasta 36 meses en ambientes fríos subtropicales.

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 y 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.* 2011) 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 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 del 5% - 10%, sin embargo, en otros países las floraciones naturales suelen ser desde el 20% hasta el 80% (Scott, 1993, Min y Bartholomew 1996; Rebolledo-Martínez *et al.* 1997; Barbosa *et al.*1998).

Neljubow (1901), reportó por primera vez el efecto fisiológico del etileno 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).

Quiroz (1989), tuvo como objetivo determinar la efectividad de diferentes productos comerciales sobre la inducción de floración en piña, variedad Cayena Lisa. Para tal efecto se estableció un diseño de bloques completamente al azar con 5 tratamientos y 5 repeticiones. Los tratamientos usados fueron: 1- Etrhel[®] 1.5 mL/l. 2- Etrhel[®] 0.5 mL +

urea 20 g/l. 3- carburo de calcio 2.5 g/l. 4-carburo de calcio 5.0 g/l. 5- Phymone[®] 2.0 g/l. La aparición de inflorescencias se llevó a cabo a partir de los 36 días en los tratamientos de Etrhel[®] y carburo de calcio y se observó una floración heterogénea durante 29 días en los diferentes tratamientos. En cuanto al porcentaje de floración el tratamiento 1 (Etrhel[®] 1.5 mL/l) presentó un 43.4%, el tratamiento 2 (Etrhel[®] 0.5 mL + 20 g de urea/l) un 76.7 por ciento, el tratamiento 3 (CaC₂ 2.5 g/l) un 70.0%, el tratamiento 4 (CaC₂ 5.0 g/l) un 83.4% y el tratamiento 5 (Phymone[®] 2.0 g/l) un 0.0%.

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 Ethephón. (Cunha, 1989).

El Ethephón es el producto más utilizado en el mundo para estimular la floración, (Liu *et al*, 2011), se aplica en la mayoría de las veces mezclado con agua; adicionalmente se utiliza urea, que actúa como dinamizador de las moléculas del Ethephón 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, 1989).

Para aumentar el pH se utiliza calcio o boro, bajo esta condición se facilita una mejor y lenta liberación del etileno (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 Ethephón (Cuhna, 1989), y las condiciones de temperatura posteriores al tratamiento de inducción (Malip, 2011).

Abutiate (1978); Rojas (1990); Manica *et al*, (1994) y Silva *et al*. (2004); en experimentos con la variedad comercial Cayena lisa y bajo dosis de 320, 400, 960 y 1000 ppm respectivamente de Ethephón obtuvieron a partir de los 60 días porcentajes de floración de 99, 93, 85, 96 % respectivamente.

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

Chanai (1988), reporta que el Ethephón no presenta diferencias significativas al aplicarlo en diferentes dosis en piña.

2. 2 GENERALIDADES DEL CULTIVO DE LA PIÑA

2.2.1 Origen

Es originaria de América del Sur, posiblemente del Brasil o del Paraguay; a la llegada de los españoles, estos encontraron la piña ya domesticada y ampliamente cultivada por los aborígenes, los cuales sembraban varios tipos y como su forma le recordaba la fruta del pino, la nombraron piña, aunque su verdadero nombre de origen guaraní, es Ananá, de donde proviene su nombre científico (OIRSA, 1999).

2.2.2 Taxonomía

Reino: Vegetal

Subreino: Espermatofitas

Clase: Angiosperma

Subclase: Monocotiledónea

Orden: Farinosa

Familia: Bromeliáceas

Género: Ananas

Especie: *Ananas comosus*, L. Merr.

Fuente: CENTA (2011).

2.2.3. Descripción de la planta

La piña es una planta herbácea perenne, en la cual, algunas yemas laterales inician su crecimiento para formar una nueva planta, generalmente después de la producción del fruto. Aparentemente es acaule, ya que su tallo es corto y está recubierto en su totalidad por las hojas. Puede alcanzar una altura de 90 centímetros y una extensión

lateral de 120 a 150 centímetros si la distancia entre plantas lo permite. El fruto para la primera cosecha se forma en un pedúnculo largo localizado en el ápice del tallo del brote planteado inicialmente; para la segunda cosecha se forma sobre brotes laterales del primer tallo. La planta adulta está formada por: Un sistema radicular, tallo, hojas, pedúnculo, fruto, corona y brotes laterales. (Pac, 2005).

a. Raíz

Presenta raíz primaria solamente en plantas obtenidas a partir de semilla, pero ésta muere pronto. En cultivos realizados con material vegetativo, todas las raíces son adventicias, nacen y se desarrollan de los nudos del tallo, con raíces secundarias y aún terciarias (Pac, 2005).

El sistema radicular de la piña es de tipo fasciculado y superficial. Su longitud depende en gran parte de la distancia de siembra y de las condiciones del suelo (Pac, 2005).

b. Tallo

Tiene forma de mazo y su longitud y grosor depende de la variedad; por lo general es reducido, con entrenudos cortos y presenta raíces adventicias en toda su longitud, llegando hasta menos de unos centímetros del meristemo terminal. El ápice del tallo es un tejido meristemático que da origen a las hojas durante su periodo vegetativo y a la inflorescencia durante la floración. Por este tiempo, algunas yemas de las axilas de las hojas terminan su estado de latencia, originándose ramas laterales que darán la fructificación siguiente (Pac, 2005).

c. Hojas

Las hojas son acanaladas y están colocadas a lo largo del tallo formando una espiral dextrógira o levógira y con espinas distribuidas uniformemente a lo largo de las hojas. Una planta adulta puede llegar a tener de 70 a 80 hojas (Pac, 2005).

d. Pedúnculo

Une al fruto con el tallo de la planta. Tiene entrenudos relativamente largos y presenta algunas hojas cortas; de las yemas de éste pedúnculo proceden los llamados retoños basales (Pac, 2005).

e. Inflorescencia

Es una espiga compuesta por dos o más flores individuales. Cada una de estas es de tipo trímero, con tres sépalos, tres pétalos, seis estambres localizados en dos verticilos y un pistilo tricarpelar con ovario ínfero, aparece 45 días después de un tratamiento hormonal para inducir floración. Después de la antesis todas las partes florales contribuyen a formar el fruto partenocárpico a excepción del estilo, estambres y pétalos, los cuales se marchitan y caen. La extremidad de la bráctea subyacente se encurva y recubre los sépalos, los que se han juntado dejando un espacio libre bajo las brácteas, conocido comúnmente como "ojo" (Pac, 2005).

f. Corona

Es prácticamente la yema terminal de la planta y se presenta desde el mismo momento en que aparece la inflorescencia. Se desarrolla mientras dura la formación del fruto y una vez maduro entra en estado de reposo hasta su plantación (Pac, 2005).

g. Fruto

Es un agregado de 100 o más frutillos, provenientes de cada una de las flores y están íntimamente ligados entre sí. Estos frutillos se localizan en el llamado "corazón", que es una extensión del pedúnculo que sostiene la fruta múltiple. En algunas ocasiones se encuentran semillas dentro del fruto, sin embargo, se considera partenocárpico ya que las flores son auto-estériles, La polinización cruzada entre diferentes variedades es la causa de la formación de semillas (Pac, 2005).

h. Retoños

A excepción de la corona, los retoños provienen de yemas axilares y según su posición en la planta, pueden ser calificados como:

- Retoños basales. Se desarrollan a partir de una yema axilar del pedúnculo, por lo general inmediatamente debajo del fruto.
- Retoño axilar. Se desarrolla a partir de yemas laterales de la parte superior del tallo. Este retoño por lo general asegura la segunda cosecha.
- Retoño de la base de la planta o hijuelo. Nace de una yema axilar de la base del tallo. Puede ser aéreo o subterráneo. Se diferencia de la axilar en que presenta raíces y sus hojas son más grandes.

Los retoños basales que no son cosechados al tiempo del fruto, a excepción de los axilares e hijuelos de la planta, después que adquieren un determinado tamaño caen naturalmente de la planta y no florecen mientras se encuentran ligados a la planta madre que indica que sólo pueden usarse como material de propagación (Pac, 2005).

2.3 Requerimientos Edafo-climáticos

Las condiciones óptimas para el desarrollo del cultivo son:

- Temperatura: Entre 15°-20°C promedio.
- Altura: Entre 1.000 - 1.450 m.s.n.m.
- Precipitación: de 1.500 a 2.000 mm/año.
- Humedad Relativa: 50 a 70%.

Cuando las temperaturas son menores de 15 °C, el fruto tiende a ser más pequeño y ácido, y su coloración externa más pobre. A temperaturas por encima de 20 °C promedio se presenta el decaimiento total de la planta después de su primera cosecha, además afectándola "el Golpe de Sol" problema causado por el cambio brusco de temperaturas (Profruta, 1993).

2.3.1 Luminosidad

Está directamente relacionada con la síntesis de hidratos de carbono y con la utilización del nitrógeno. Se ha demostrado que cuando la luminosidad se reduce en un 20/5 los rendimientos se ven reducidos en un 10% (Profruta, 1993).

2.3.2 Suelos

El cultivo prefiere suelos franco arenosos o franco limosos, los cuales tienen alto porcentaje de porosidad y alto grado de materia orgánica la cual hace que haya una buena infiltración del agua recibida por precipitación durante el año el cual es bastante, de lo contrario habría pudrición por su poco drenaje. Por lo tanto, deben ser suelos bien drenados con fertilidad media-alta y con pendientes desde fuertes a suaves; estos suelos contienen un pH entre 4.7 - 5.7 promedio indicador de suelos ácidos. Deben tener una profundidad efectiva mayor a 40 cm (Porres & Ribera, 1984).

En suelos pesados es posible cultivar piña siempre y cuando estén bien drenados y aireados hasta la profundidad de las raíces. Para esto es necesario hacer labores de mecanización siempre y cuando la topografía lo permita (Porres, 1984)

2.4 Floración

2.4.1 Fisiología de la floración

Tanto las flores como las hojas se derivan de la actividad de un meristemo, y en el pasado ha habido una importante controversia sobre si la actividad meristemática conduce a la formación de una yema floral, difería, o no, cualitativamente de la conducente a la formación de una yema de madera. Actualmente es ampliamente aceptado que no hay diferencia estructural esencial entre la organización de un meristemo que produce sólo hojas y uno que produce flores, excepto que el primero es indeterminado y el segundo determinado en su crecimiento (Gil & Velarde, 1989).

2.4.2 Teorías sobre la formación de las yemas de flor

Las bases fisiológicas que condicionan la evolución a yema de flor de unas determinadas yemas han sido prácticamente desconocidas hasta principios del presente siglo. Las primeras teorías planteaban la hipótesis de que la formación de flores dependía de la presencia en la planta de determinadas sustancias elaboradas en las hojas (Gil *et al* 1989).

Otros relacionan la inducción floral no con la presencia de sustancias, sino con cierto equilibrio hidratos de carbono-sales nutritivas, o compuestos orgánicos-elementos minerales, anulando la teoría anterior del antagonismo vegetación-fructificación, y preconizando la búsqueda de ese equilibrio, pero sin definir que sustancias elaboradas ni que minerales resultaban más influyentes (Gil *et al* 1989).

Trabajos posteriores, demuestran paulatinamente las contradicciones de la teoría anterior, y van dando paso, en principio, a las teorías basadas en la influencia de hormonas endógenas sobre la inducción floral. La presencia de estas hormonas parece totalmente vinculada a la de reservas de carbohidratos, adecuados de tal modo que hoy es generalmente admitido que la inducción floral se ve claramente favorecida por una gran superficie foliar y una gran actividad fotosintética. Pero aspectos tales como la

concentración de estas sustancias, su translocación a nivel de yema, la interacción con ciertos elementos minerales y reguladores de crecimiento (particularmente giberelinas), y otros varios, obligan a considerar todavía el proceso como complejo e impreciso (Gil *et al* 1989).

En el momento presente, la hipótesis más generalmente aceptada vincula la formación de yemas de flor, a un complicado equilibrio hormonal interno al nivel de la propia yema. Sobre este equilibrio, tanto individualmente como en conjunto, influyen factores de todo tipo: ambientales, nutricionales, fisiológicos y genéticos, lo que hace todavía imposible definir el proceso. Sin embargo, ciertos hechos se presentan como incontrovertibles:

1. La inducción floral se favorece por la presencia de una gran superficie foliar. El hecho de que ramas anilladas y desfoliadas después de la inducción formen flores, parece confirmar el hecho de que las hojas tienen una influencia más hormonal que nutricional (Gil *et al* 1989).
2. La presencia de frutos y un intenso crecimiento vegetativo, son circunstancias fuertemente competitivas con la inducción floral. La inhibición de esta inducción, en estos casos, parece estar claramente relacionada con los procesos de síntesis y translocación de giberelinas en las semillas de los frutos y en los ápices en crecimiento (Gil *et al* 1989).
3. La inducción floral parece requerir una cierta madurez en la planta. Esta madurez no debe relacionarse con la edad, ni con lo que antiguamente se denominaba "fase juvenil"; si no con el hecho de que el equilibrio endógeno sólo se produce cuando la planta un estado en el que parte de los productos de la fotosíntesis son acumulados como sustancias de reserva. En definitiva, la formación de flores solamente puede producirse cuando la planta o algunos de sus órganos alcanzan un cierto nivel de formación de reservas (Gil *et al* 1989).

El objetivo fundamental de toda plantación o huerto frutal, es evidentemente producir fruta. Para ser económicamente rentable, esta producción debe cumplir determinadas condiciones de calidad y superar en cada caso un cierto nivel cuantitativo. Estos

condicionantes, en definitiva, equivalen a obtener un cierto número de frutos, de una determinada calidad (Gil *et al* 1989).

Siendo cada fruto una consecuencia del proceso evolutivo de una flor, resulta evidente que el número final de frutos vendibles depende del número inicial de flores (Gil *et al* 1989).

La época de floración depende principalmente de las características varietales y de las condiciones climáticas; Para que ocurra la iniciación floral se requiere una previa inducción que provoque una respuesta fisiológica a los factores internos y externos. En piña, una vez que la planta alcanza la madurez fisiológica se presenta un estímulo que hace que la yema vegetativa cambie a yema floral, las hojas juegan un papel esencial en la inducción final, de ahí que posiblemente la sustancia hormonal inductiva se transmita de las hojas a las yemas, en cambio las hojas de brotes tiernos producen una sustancia inhibidora de esta hormona (Mata & Mosqueda, 1988).

2.4.3 Inducción floral

El cambio fisiológico que se produce en determinado momento en una yema, y que condiciona su evolución a yema de flor, se denomina inducción floral. Tras un corto período de tiempo, este cambio fisiológico es seguido por una diferenciación morfológica, que conduce a la aparición de primordios florales; este cambio morfológico se denomina diferenciación floral (Gil *et al* 1989).

Existen tres razones principales que obligan a los agricultores, a la floración en forma extemporánea:

1. Para lograr una cosecha temprana y así obtener el mejor precio posible para su fruta (Disagro, 1996).
2. Para prolongar el período de cosecha y así aprovechar al máximo las oportunidades de mercado y para lograr utilizar mejor la mano de obra (Disagro, 1996).

3. Para estimular la floración mientras aún existe en el suelo suficiente humedad y así poder asegurar la obtención de una buena cosecha (Disagro. 1996).

Una de las alternativas para tratar de obtener mayor regularidad en la floración, es la técnica de la inducción floral mediante la aplicación de inductores químicos. Ya en Costa Rica, desde 1988 se han venido realizando algunos ensayos utilizando productos como nitrato de potasio, ethrel[®], ácido giberélico, Flower Kem[®] y Dormex[®], entre otros (CINDE, SF).

2.4.4 Reducción del período juvenil

El reducir el período juvenil en las plantas vía manejo o uso de hormonas no ha sido muy exitoso. El prolongar el período juvenil si ha sido posible al dar condiciones para un excesivo crecimiento vegetativo desde el inicio, lo cual puede ser provocado por exceso de fertilizantes nitrogenados, aplicaciones de ácido Giberélico y otros (Agroenzymas, 2011).

2.4.5 Estimulación de la inducción-diferenciación

La inducción floral natural (provocada por el etileno) se ha podido manipular artificialmente a través del tratamiento de biorreguladores que al ser aplicados a la planta ésta los convierte en etileno y dentro de los cuales están el Ethephón (Ethrel), el Ácido naftalen acético (ANA) o el carburo de calcio. Este tratamiento químico es efectivo siempre y cuando la planta tenga una cierta edad-etapa fisiológica sensible para ello, de ahí que el tratamiento comercial de la inducción se hace a una cierta edad y tamaño de la planta. Para mejorar la efectividad del Ethephón se recomienda que su solución se haga en un medio alcalino de pH 8, y en varios casos se hace la aplicación en una solución de urea 2% (Agroenzymas, 2011).

2.4.6 Inhibición de la inducción

En algunas situaciones es importante inhibir temporalmente la inducción floral para regular las épocas de floración y eventualmente de las cosechas y por tanto la comercialización. Para lograr lo anterior se tienen que hacer prácticas preventivas, o sea desprogramar al meristemo apical de la planta para que no esté “receptivo o apto” para aceptar el estímulo químico de la inducción. Si se conoce que el período más

importante de inducción ocurre en otoño, entonces hay que realizar prácticas anti inductivas antes que esa etapa (Agroenzymas, 2011).

a. Prácticas culturales: para mantener una condición insensible de inducción en el meristemo, se trata de prolongar la condición juvenil de la planta mediante un manejo para que esté en una condición activa y que no forme etileno; esta condición vegetativa puede ser manejada mediante fertilizaciones y aplicaciones de bioestimulantes desde antes de que se vaya a presentar el estímulo (frío) (Agroenzymas, 2011).

b. Biorreguladores: la forma de prevenir el proceso de inducción floral con el uso de biorreguladores específicos es provocando un daño “parcial” al meristemo antes o durante las etapas iniciales de la inducción, lo cual se ha logrado con aplicaciones de auxinas como el 3-CPA, Fruitone[®] (3-clorofenoxipropionico) a dosis de 100 ppm dividido en tres aplicaciones en plantas con 1.6 kg. Posterior al daño parcial del meristemo, éste se recuperará para estar nuevamente sensible anatómica y fisiológicamente y poder ser inducido meses después con el tratamiento de Ethephón. Si el daño resultara muy severo, entonces habrá dificultades para que ocurra la inducción. La idea de aplicar ácido giberélico para este propósito puede resultar válida para retrasar el estado sensible, sin embargo, el problema es el no poder predecir para cuando la planta estará nuevamente sensible para inducirse con Ethephón (Agroenzymas, 2011).

2.4.7 Crecimiento de flor

Una vez que comienza la diferenciación, se inicia la formación de las distintas partes de cada flor individual; las partes que se van formando crecen principalmente por división celular. La formación de la flor va ocurriendo antes de que abra la flor dentro de la inflorescencia. El ovario es lo que eventualmente será el fruto. El crecimiento de la flor y sus partes pueden ser estimulados a través de la aplicación de biorreguladores y en particular aquellos que sean específicos de citocininas para promover la división celular; el momento de esa aplicación es crítico para un efecto adecuado lo cual debe estar basado en estudios previos sobre la dinámica de la diferenciación. En la medida que un ovario alcance un mayor tamaño a floración, mayor será su potencial de tamaño (Agroenzymas, 2011).

2.4.8 Crecimiento de fruto

El fruto de la piña es un fruto múltiple que consta de cerca de 200 flores individuales alrededor de un eje floral; al momento de ir creciendo cada ovario hay una fase de crecimiento por división o multiplicación de células y otra fase por alargamiento de las células previamente formadas. La etapa de división celular de cada ovario es de aproximadamente 20-30 días y luego continúa su crecimiento por alargamiento celular. En la medida que haya mayor cantidad de células formadas en la primera etapa, habrá mayor potencial de tamaño final del fruto (Agroenzymas, 2011).

En la piña la inflorescencia va abriendo progresivamente desde la base sus flores individuales en un lapso de tiempo (15-25 días desde que aparece el punto rojo en el cogollo), por lo que en el fruto completo siempre habrá frutos individuales en distintas etapas de crecimiento y por tanto en distintas etapas de división o alargamiento celular (Agroenzymas, 2011).

La inflorescencia de la piña contiene aproximadamente 150 a 250 flores, que van abriendo 5-10 por día con lo que una inflorescencia completa puede tardar entre 15 a 25 días en abrir completamente todas sus flores; en todos los casos primero abren las flores más basales y progresivamente las más superiores (Agroenzymas, 2011).

Las citocininas son hormonas específicas para división celular, siendo mucho más que lo que puedan ser las auxinas y las giberelinas. Para estimular el crecimiento del fruto se pueden aplicar hormonas, encontrándose efectos de auxinas como el 3-CPA, el naftalenacético y el naftoxiacético, aunque se tienen efectos secundarios como retraso en madurez, menos vida pos cosecha, daño a la corona, menos azúcar y pulpa de color pálido; estos efectos han detenido el posible uso comercial de estos productos (Agroenzymas, 2011).

2.4.9 Maduración de fruto

El proceso de maduración del fruto es regulado por la edad del fruto. Al alcanzar un cierto estado de desarrollo comenzará a producir ciertas hormonas y a dejar de producir otras para con ello iniciarse cambios metabólicos que conducen a la madurez. En general se puede establecer que el etileno es la hormona de la madurez. Aplicaciones

de Ethephón o de otros compuestos que induzcan la síntesis de etileno en el fruto, acelerará las reacciones metabólicas y anatómicas asociadas con madurez (Agroenzymas, 2011).

2.5 Ethephón

El Ethephón es el ácido 2-cloroetil fosfónico ($\text{Cl-CH}_2\text{-CH}_2\text{-PO}_3\text{H}_2$), que se descompone con rapidez en agua a pH neutro o alcalino formando etileno, un ion cloruro y H_2PO_4 (Bocanegra, 1993).

El etileno es un compuesto volátil y de estructura química muy simple ($\text{CH}_2 = \text{CH}_2$), producto natural del metabolismo vegetal. Este regulador tiene diversos efectos biológicos: estimula el crecimiento de varios granos, bulbos, raíces y estacas, estimula la germinación y el crecimiento de brotes, también provoca la abscisión prematura de hojas, acelera la maduración de frutos cosechados como mangos y plátanos y puede inducir la floración en piña (Núñez, Becerril & Martínez, 1998).

2.5.1 Modo de acción

El Ethephón pierde estabilidad en contacto con el tejido vegetal (pH mayor o igual 3.5) liberando etileno gaseoso; ligándose a un receptor proteico (Hidroxiprolina) asociado a una membrana plasmática, afectando la actividad del ATP y alterando la permeabilidad celular, posibilitando así reacciones que llevan a la senescencia (maduración anticipada) (Bocanegra, 1993).

Retarda el crecimiento del entrenudo y el desenvolvimiento en la época de pulverización, bloquea directamente el metabolismo del ADN en el meristemo subapical, puede alterar el transporte y o el metabolismo de auxinas (promotores del crecimiento) (Bocanegra, 1993).

El mecanismo de acción del etileno en el crecimiento y desarrollo de los vegetales se desconocen, aunque algunos investigadores, sugieren que desempeña una función importante en la transcripción y duplicación del código genético del ADN, incorporándose en el ARN al igual que otras hormonas. De ser así, el etileno contribuiría también a la regulación de otros fenómenos del desarrollo como: la floración, la abscisión y la

maduración de los frutos. Para explicar este fenómeno, ellos han formulado dos hipótesis:

1. Que el etileno regula el crecimiento modificando el transporte de auxinas.
2. Que estimula sistemas enzimáticos relacionados con las membranas celulares, contribuyendo así a la excreción por parte de la célula de enzimas importantes en el crecimiento (Núñez et al., 1998).

El etileno (C_2H_4) es una hormona que actúa en el proceso bastante complejo de la iniciación y regulación de la floración, y todos los procesos fisiológicos asociados con la maduración y envejecimiento (Bocanegra, 1993).

El etileno detiene temporalmente el crecimiento de la planta en tamaño, principalmente a través de la influencia sobre la acción de las auxinas en la elongación celular. También ejerce una acción sobre la disposición de las microfibras en la pared celular, la cual es medida por la auxina. El resultado es que el crecimiento celular, se orienta en el sentido radial. Esto da como resultado que las células en vez de tener una forma rectangular sean isodiamétricas, lo que conlleva un desarrollo más grueso del tallo. El etileno y las auxinas regulan la expansión celular en forma opuesta, dentro de los límites de una concentración fisiológica. Las plantas tratadas con etileno sufren de una capacidad reducida en el transporte polar de auxinas. Además, tiene efectos sobre la concentración de auxinas en los tejidos, la cual disminuye ante la presencia de una concentración de etileno (Bocanegra, 1993).

Se habla también que, el etileno no sólo puede antagonizar con las auxinas, sino, también a las citoquininas, giberelinas y ácido abscísico, los que tienen efecto en la red del control mecánico que sirve para modular el normal crecimiento y desarrollo de las plantas (Bocanegra, 1993).

El etileno retarda la elongación del tallo, aumenta su expansión radial, provoca senescencia de las hojas y estimula la formación de raíces adventicias en los tallos, (en especial en el tomate), aunque el etileno provoca epinastia de las hojas al promover el

alargamiento de las células del lado superior, suele inhibir la elongación de tallos y raíces, en especial en dicotiledóneas (Bocanegra, 1993).

Existe una relación de dependencia entre el pH (concentración del ion H) y el ácido 2-chloroethyl fosfónico, el cual es descompuesto en fosfato, cloro y etileno. A más alto pH, más rápida es la descomposición del ácido. A pH alcalino se descompone en los tres componentes. Estos compuestos derivados del Ethephón en el pH apropiado, son los mismos que los inyectados de un cilindro de etileno en agua y asperjado en las plantas cuando el proceso de gas etileno es usado. Por lo tanto, el uso de Ethrel[®] en la fuerza es tan efectivo como el uso del gas etileno (Arias & López, 2007).

Considerando el peso molecular y la estructura del Ethephón, por cada kg, de producto activo se pueden desprender al menos 194 gramos de etileno. Una dosis de Ethephón de 1.2 kg/ha (2.5 litros de Ethrel[®]) desprende 233 gramos de etileno. Dos aplicaciones seguidas (con 7 días de diferencia) son necesarias para asegurar la adecuada respuesta de floración. No existe una explicación adecuada para la necesidad de dos aplicaciones, pero existe una teoría: el bajo contenido de azúcar del tallo que está en estado vegetativo activo resulta en una pobre respuesta a la floración. El primer tratamiento reduce el desarrollo vegetativo e incrementa el contenido de azúcar, mientras que el segundo tratamiento induce la floración (Arias *et al.* 2007).

2.6 Nitrógeno en Piña

El nitrógeno es uno de los elementos más importantes para los seres vivos, teniendo el ambiente (aire) un 80 % de este gas; pero las plantas solo pueden aprovecharlo cuando forma compuestos con otros elementos. En las plantas el nitrógeno está presente en la composición de numerosas sustancias, tales como proteína, clorofila, aminoácidos, ácidos nucleicos, etc., sustancias que son la base de los procesos que controlan el desarrollo, el crecimiento y la multiplicación de las mismas (Salas, 2003); esto se resume diciendo que está asociado al crecimiento y color verde de las plantas, en general se menciona que la piña puede llegar a absorber desde 171 kg/ha hasta 230 kg/ha de nitrógeno durante un periodo de producción y de 358 kg/ha hasta 557 kg/ha de

potasio en el mismo periodo (Bertsch, 2003). Los síntomas generales de deficiencia de nitrógeno son:

- Desarrollo pobre o retardado, enanismo de la planta.
- Inhibición del crecimiento de hijuelos basales, pobre desarrollo de tallos.
- Desarrollo de color verde pálido o amarillento, dependiendo del nivel de deficiencia.
- Baja producción y calidad de frutas, disminuyendo el peso y diámetro de las mismas.
- En caso de encontrarse en exceso, retraso de la floración.

En el cultivo de piña, la deficiencia de nitrógeno se observa que las hojas presentan una coloración amarilla, pequeña, estrecha y poco numerosa; plantas raquíticas con crecimiento lento; fruto pequeño de coloración rojiza y corona pequeña. Un exceso de este elemento disminuye la respuesta de la planta a la inducción floral, baja la calidad del fruto, produce el acame de la planta y el fruto, produce mucho crecimiento vegetativo y demasiado tamaño de corona (Peña *et al.*, 1996).

Según Jiménez (1999), las plantas de piña deficientes de este elemento presentan hojas de varios colores. También menciona que, en las primeras etapas del desarrollo, las deficiencias de nitrógeno no detienen el crecimiento, pero si no se suministra en etapas posteriores el crecimiento se ve afectado.

El mismo autor indica que la deficiencia extrema de nitrógeno se da cuando se presenta una concentración menor de 0,10% en peso seco del centro de las hojas "D". Sin embargo, cuando la concentración aumenta, el color verde también aumenta. Si los otros elementos están en niveles óptimos y el nitrógeno encima del mínimo, se da una condición más que óptima para el desarrollo de la piña.

Py (1969), menciona que las carencias de nitrógeno en la planta de piña provocan clorosis del follaje que corrientemente comienza por las hojas más viejas, la planta es raquítica y el crecimiento es muy lento, con fruto pequeño y muy coloreado y no se presentan bulbillos.

Es necesario garantizar una buena nutrición nitrogenada durante los meses que anteceden al momento de la inducción floral, lo cual garantiza plantas con buen desarrollo, producción y calidad de los frutos y a la vez se evitan los inconvenientes de una fertilización después de la floración la cual trae consigo una disminución en la calidad del fruto y un crecimiento excesivo del pedúnculo, aunque puede tener la ventaja de aumentar los rendimientos y el número de vástagos basales y el desarrollo de los axilares que garantiza una segunda cosecha de mayor producción (Peña et al. 1996)

2.7 Nitrato de amonio

El Nitrato de Amonio fue uno de los primeros y más ampliamente utilizados fertilizantes nitrogenados para la producción de cultivos. En la actualidad es menos usado, pero es especialmente valioso donde ambos nutrientes, N y S, son requeridos. Su alta solubilidad provee versatilidad para un gran número de aplicaciones agrícolas (ISUSA, 2008).

2.7.1 Producción

El Nitrato de Amonio, ha sido producido por más de 150 años. Inicialmente, se realizó con amoníaco liberado durante la fabricación de gas de carbón (utilizado para iluminar ciudades) o de carbón de coque usado para producir acero. Está hecho a partir de una reacción de ácido sulfúrico y amoníaco caliente. El tamaño de los cristales resultantes se determina mediante el control de las condiciones de reacción. Cuando se alcanza el tamaño deseado, los cristales son secados y se tamiza en tamaños de partícula específicos. Algunos materiales están recubiertos con un acondicionador para reducir el polvo y el apelmazamiento (ISUSA, 2008).

La mayor parte de la demanda actual de Nitrato de Amonio es satisfecha por la producción de sub-productos de varias industrias. Por ejemplo, el sulfato de amonio es un co-producto del proceso de fabricación del nylon. Ciertos sub-productos que contienen amoníaco o utilizan ácido sulfúrico son comúnmente transformados en de amonio para uso agrícola. Aunque el color puede variar del blanco al beige, siempre es vendido como un cristal altamente soluble que posee excelentes propiedades de

almacenaje. El tamaño de partícula puede variar dependiendo de su finalidad (ISUSA, 2008).

2.7.2 Uso agrícola

El Nitrato de Amonio es principalmente utilizado donde se necesita adicionar nitrógeno (N) para satisfacer los requerimientos nutricionales de plantas en crecimiento. Debido a que contiene solo 21% de N, hay otros fertilizantes con mayor concentración y más económicos para manipular y transportar. Sin embargo, provee una excelente fuente de S que tiene numerosas funciones en las plantas, incluyendo la síntesis de proteínas (ISUSA, 2008).

Como la fracción nitrogenada está presente en forma de amonio, el Nitrato de amonio es frecuentemente utilizado en suelos anegados para la producción de arroz, donde los fertilizantes a base de nitrato son una mala alternativa debido a las pérdidas por desnitrificación (ISUSA, 2008).

Frecuentemente se adiciona una solución con sulfato de amonio a las soluciones de herbicidas post-emergentes para mejorar su eficacia en el control de malezas. Esta práctica de incremento de eficacia del herbicida con sulfato de amonio es particularmente efectiva cuando el agua utilizada contiene concentraciones significativas de calcio, magnesio, o sodio. Para este propósito, frecuentemente se utiliza sulfato de amonio con grado de alta pureza para evitar el taponamiento de las boquillas de aplicación (ISUSA, 2008).

2.8 Nitrato de potasio

El nitrato de potasio (NO_3^-) es una fuente soluble de dos nutrientes esenciales muy importantes. Es comúnmente utilizado como fertilizante para cultivos de alto valor que se benefician con la nutrición de nitratos (NO_3^-) y una fuente de potasio (K) libre de cloruro (Cl^-) (IPNI, 2010).

2.8.1 Producción

El fertilizante nitrato de potasio (a veces referido como nitrato de potasa o NO_3^-) es típicamente fabricado mediante la reacción de cloruro de potasio (KCl) con una fuente de nitrato. Dependiendo de los objetivos y las fuentes disponibles, el nitrato podría

provenir de nitrato de sodio, ácido nítrico, o nitrato de amonio. El KNO_3^- resultante es idéntico independientemente del proceso de fabricación. El nitrato de potasio es comúnmente comercializado como un material cristalino, soluble en agua principalmente utilizado para la disolución y aplicación con agua o en forma perlada para la aplicación al suelo. Tradicionalmente, el compuesto es conocido como “salitre” (IPNI, 2010).

2.8.2 Uso agrícola

El uso del KNO_3^- es especialmente deseable en condiciones donde se necesita una fuente de nutrientes altamente soluble y libre de cloro. Todo el nitrógeno (N) está inmediatamente disponible para la absorción de las plantas como nitrato, no requiriendo acción microbiana o transformación adicional en el suelo. Los productores de cultivos de hortalizas y frutales de alto valor a veces prefieren utilizar una fuente nutricional a base de nitrato en un esfuerzo por incrementar rendimiento y calidad. El nitrato de potasio contiene una proporción relativamente alta de K, con una relación N:K de aproximadamente 1:3. Muchos cultivos poseen altas demandas de K, y a la cosecha, pueden remover tanto o más K que N. (IPNI, 2010).

Las aplicaciones de KNO_3^- al suelo se realizan antes de la estación de crecimiento o como suplemento durante la misma. Una solución diluida es a veces rociada sobre el follaje de la planta para estimular procesos fisiológicos o para corregir deficiencias nutricionales. La aplicación foliar de K durante el desarrollo de frutos puede ser ventajosa para varios cultivos, ya que esta etapa de crecimiento suele coincidir con altas demandas de K durante el tiempo de caída de la actividad radical y absorción de nutrientes. También es comúnmente utilizado para la producción en invernadero e hidroponía (IPNI, 2010).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 Definición del problema

La técnica de inducción floral en piña (*Ananás comosus*, (L), Merr) busca que todas aquellas plantas que son sometidas a este tratamiento, florezcan y produzcan fruto en el momento deseado, principalmente que la época de cosecha se adelante, pero que este adelanto también se manifieste en uniformidad en la producción y así tener mejor aprovechamiento de mercado, control del tamaño y peso del fruto, mejor control de plagas y enfermedades, con plantaciones económicamente rentables.

Se ha observado que los problemas que enfrenta el cultivo de la piña por uso de diversas fuentes de nitrógeno y diferentes dosis de estas fuentes con el regulador del crecimiento etileno, para inducir a floración, reducen hasta un 12% sus rendimientos (Carias, 1999) y se debe a que las dosis que utilizan o no permiten una respuesta o causan daños a la planta.

El Ethephón es el producto utilizado para estimular la floración en piña, se aplica en la mayoría de las veces mezclado con agua, adicionalmente se utiliza nitrógeno, que actúa como dinamizador de la moléculas del Ethephón dentro de la planta, posibilitando el uso de una menor dosis de Ethephón, puesto que el nitrógeno promueve una difusión mayor del producto, sin embargo no se tienen una recomendación técnica sobre la dosis de nitrógeno, como tampoco que fuente nitrogenada utilizar, por lo que el agricultor utiliza desde 25 hasta 100 kg/ha de diversas fuentes nitrogenadas, con respuestas diferentes a la aplicación de estas sustancias químicas, influenciando de diferente forma algunos de sus procesos fisiológicos, especialmente la floración. Por lo que luego de realizar esta práctica se tienen manifestaciones de fitotoxicidad como: necrosis del tejido, traslucidez del fruto, quemaduras en el ápice y borde de la hoja, en algunos casos muerte de la planta, lo que no permite ser cultivada comercialmente de forma racional y económica.

3.2 Justificación

Como alternativa de solución los agricultores han recurrido al uso de inductores hormonales como el carburo de calcio a concentraciones del 0.57%, 0.43% y 0.28% y etileno a concentraciones de 0.025%, 0.020% y 0.015%, aplicados en soluciones individuales y de forma combinada con dosis de 0.057% de carburo de calcio y 0.020% de Ethephón probadas empíricamente, sin medir las ventajas y desventajas agronómicas y económicas.

El forzado químico de la floración en piña brindaría varias ventajas al productor: tener frutos listos para su cosecha al mismo tiempo, programar la cosecha para lograr mejores precios, reducir sus costos de producción y tiempo en cosecha, también obtener rendimientos más altos por unidad de área ya que se logra obtener frutos hasta el 98% de las plantas inducidas. Por otro lado, la floración natural se da de manera desuniforme, lo que hace que haya diferentes momentos de cosecha incrementando los costos del productor y muchas plantas no producen inflorescencias en condiciones normales.

Ante esta problemática se evaluó el efecto de fuentes nitrogenadas: urea, nitrato de amonio y nitrato de potasio, en dosis de 25, 50, 75 y 100 kg/ha, se evaluó para cada uno de los tratamientos la eficiencia al aplicarse con Ethephón para inducir floración en piña. El diseño experimental empleado fue un arreglo bifactorial combinatorio, bajo el diseño experimental de bloques al azar en parcelas divididas, con 15 tratamientos y 3 repeticiones, la investigación fue en la aldea Santa Bárbara, Catarina, San Marcos.

4. OBJETIVOS

4.1 GENERAL

Evaluación de fuentes nitrogenadas sobre la eficiencia del Ethephón como inductor de floración en piña.

4.2 ESPECÍFICOS

Medir el porcentaje de inducción floral que se obtiene con el Ethephón al aplicarlo con diferentes fuentes nitrogenadas, en el cultivo de la piña.

Establecer la homogeneidad de la floración que se obtiene con el Ethephón al aplicarlo con diferentes fuentes nitrogenadas, en el cultivo de la piña.

Determinar la curva de crecimiento y desarrollo del fruto que se obtienen con el Ethephón al aplicarlo con diferentes fuentes nitrogenadas, en el cultivo de la piña

Evaluar el efecto de las dosis y la fuente nitrogenada sobre el peso del fruto de piña.

Cuantificar la rentabilidad de cada uno de los tratamientos.

5. HIPÒTESIS

- Ha.** Al menos una de las fuentes nitrogenadas al aplicarse con Ethephón mostrará diferencia estadística significativa en el porcentaje de floración en piña.
- Ha.** Al menos una de las fuentes nitrogenadas al aplicarse con Ethephón permitirá que haya homogeneidad en la inducción a floración en piña.
- Ha.** Al menos una de las fuentes nitrogenadas al aplicarse con Ethephón permitirá obtener un mejor peso en los frutos de piña.
- Ha.** Al menos una de las fuentes nitrogenadas al aplicarse con Ethephón permitirá que se tenga una mayor rentabilidad.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La presente investigación se realizó en una unidad productiva de piña de la aldea Santa Bárbara, del municipio de Catarina, San Marcos, esta se ubica sobre las coordenadas geográficas: 14° 54'30" latitud norte y 92° 03'45" longitud oeste con respecto al meridiano de Greenwich (Monzón, 2004).

Su elevación sobre el nivel del mar es de 233 metros. De clima caluroso, su temperatura oscila entre los 21 y 32 °C con una media anual de 26.5 °C, en la región se marcan dos épocas bien definidas, la época de verano que va de noviembre a abril y la época lluviosa que va de mayo a octubre, llueve con mayor intensidad durante los meses de agosto, septiembre y octubre reportándose una precipitación pluvial media anual de 2000 mm (Monzón, 2004).

Según la clasificación de zonas de vida de Holdridge, citado por De la Cruz (1982), la aldea pertenece a la zona de vida Bosque subtropical húmedo cálido (B-SHc).

Según Simmons (1959), los suelos de la aldea Santa Bárbara, pertenecen al grupo IV, suelos del litoral del pacífico, sub grupo IV A, suelos bien drenados de textura pesada pertenecientes a la serie Ixtán arcillosos.

La aldea se ubica a 1.5 km. de la cabecera municipal, a 265 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala; y a 58 kilómetros de la cabecera departamental de San Marcos. Los pobladores y propiedades rurales están unidos entre sí con los municipios vecinos por medio de caminos vecinales y la carretera internacional CA-2 (Monzón, 2004).

6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL

Se utilizó una plantación de piña de 9 meses de edad, la variedad Cayena Lisa, sembrada a un distanciamiento de 1.00 m entre surcos y 0.40 m entre plantas, la época de floración natural ocurre entre mayo y junio, y la cosecha se da en el mes de diciembre.

6.3 FACTORES A ESTUDIAR

Los factores estudiados fueron: Ethephón (etileno) y tres fuentes nitrogenadas aplicadas cada una en cinco dosis, se evaluó la eficiencia de estas dosis en la inducción floral en el cultivo de piña. Las fuentes de nitrógeno fueron: urea (46% N), nitrato de amonio (21% N) y nitrato de potasio (13% N).

6.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Los tratamientos utilizados en la presente investigación, tuvieron a Ethrel[®] como fuente de Ethephón, el cual se ha evaluado y es funcional en el proceso de inducción floral en piña cuando se utiliza en dosis de 3.567 l/ha (0.24% de concentración de ingrediente activo). Se evaluó la eficiencia del Ethephón utilizando tres diferentes fuentes nitrogenadas con cinco diferentes dosis. Como se desarrollaron de manera simultánea dos factores, estos se identificaron de la siguiente manera:

Cuadro 1. Combinación de Etrhel[®] y fuentes nitrogenadas en dosis comercial y kg de nitrógeno/hectárea.

FACTOR 1		FACTOR 2	
		Urea 46% N.	
Tratamiento	Fuente de Ethephón	kg/ha de producto comercial	kg/ha de Nitrógeno
T1		0	0
T2	ETHREL [®] [0.24%] EF1	25	11.50
T3		50	23.00
T4		75	34.50
T5		100	46.00
		Nitrato de amonio 21% N	
T6		0	0
T7	ETHREL [®] [0.24%] EF2	25	5.25
T8		50	10.50
T9		75	15.75
T10		100	21.00
		Nitrato de potasio 13% N	
T11		0	0
T12	ETHREL [®] [0.24%] EF3	25	3.25
T13		50	6.50
T14		75	9.75
T15		100	13.00

El número de combinaciones fue de 15, cada combinación se manejó como un tratamiento, en este caso se tuvieron 15 tratamientos.

A cada una de las fuentes nitrogenadas se les agrego 3.567 lt/ha de Etrhel como fuente de Ethephón a una concentración del 0.24%.

6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental empleado fue un arreglo bifactorial combinatorio, bajo el diseño experimental de bloques al azar en parcelas divididas, con 15 tratamientos y 3 repeticiones.

6.6 MODELO ESTADÍSTICO

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + \beta_j + A_i\beta_j + R_k + \varepsilon_{i-k} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = es la variable de respuesta del efecto de tres fuentes nitrogenadas y diferentes dosis sobre la eficiencia del Ethephón en la inducción floral en piña.

μ = es el efecto de la media general.

A_i = efecto de la i-ésima fuente nitrogenada con Ethephón

β_j = efecto de la j-ésima dosis de la fuente nitrogenada

$A_i\beta_j$ = es la interacción de la i-ésima fuente nitrogenada con Ethephón con la j-ésima dosis de fuente nitrogenada

R_k = es el efecto de la k-ésima repetición

ε_{i-k} = error experimental asociado a la i.k-ésima parcela grande

ε_{ijk} = error experimental asociado a la i-j-k-ésima parcela pequeña.

6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL

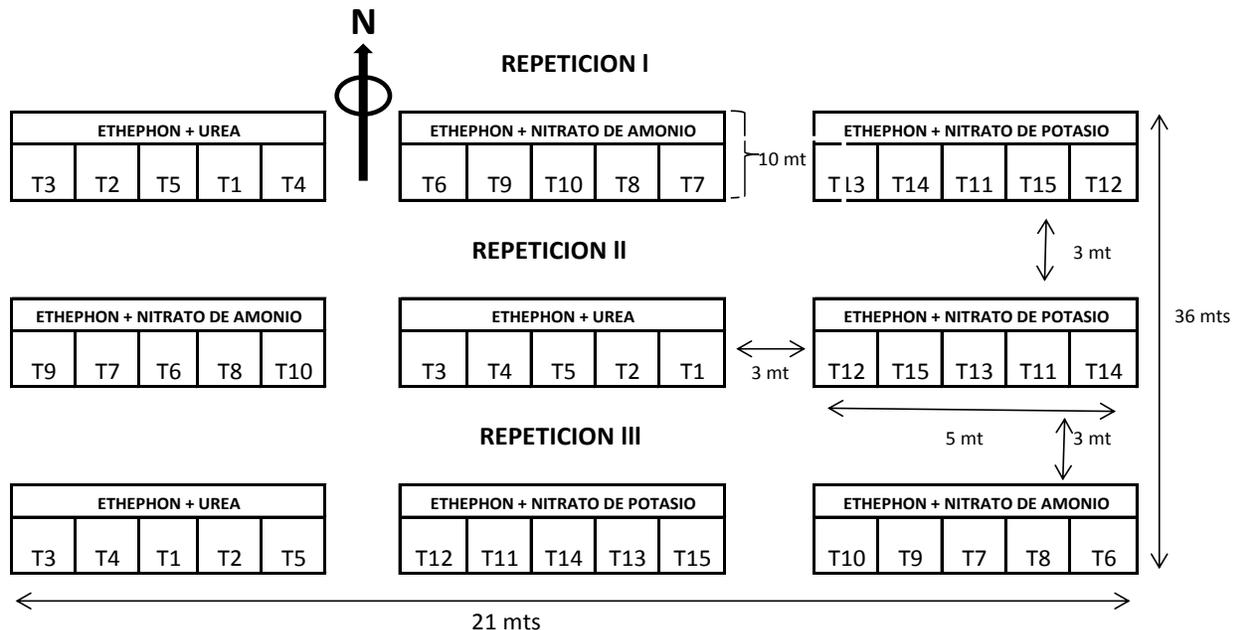
Cada una de las unidades experimentales estuvo constituida por 25 plantas, como se tuvieron 15 tratamientos y 3 repeticiones, el total de unidades experimentales fue de 45 y el total de plantas a utilizadas fue de 1125.

Para efectos de evaluación cada unidad experimental estuvo ubicada en surcos alternos, por lo que se tuvo un ancho de 21 metros y 36 metros de largo, por lo que el área a utilizada en la evaluación fue de 756 m².

6.8 CROQUIS DE CAMPO

De acuerdo a la aleatorización tanto para parcelas grandes como para parcelas chicas, el experimento quedo distribuido a nivel de campo de la siguiente manera.

Cuadro 2. Distribución de los tratamientos a nivel de campo.



6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO

6.9.1 Inducción de la floración

La floración natural en las plantaciones comerciales ocasiona pérdidas económicas ya que existe un número relativamente alto de plantas que no florecen y las otras pueden hacerlo en diferentes momentos, lo que dificulta y desorganiza la cosecha. Para evitar estos inconvenientes se realizó la presente investigación sobre inducción artificial de la floración en piña, se utilizó una plantación con desarrollo y tamaño óptimo, de 9 meses de sembrada por lo que para la investigación se tomaron los factores siguientes:

- ◆ Época de plantación
- ◆ Tipo de material de propagación empleado
- ◆ Peso del material de propagación
- ◆ Manejo de la plantación (tecnología)

a. Peso de la planta de la hoja D

El peso promedio del lote es el factor determinante para decidir la fecha de inducción. La primera muestra se tomó a los 6 meses después de la siembra.

La hoja D es la hoja más joven plenamente desarrollada y la más adecuada para enviar al laboratorio para realizar el análisis foliar. Se eligieron al azar 10 plantas de 2 líneas de siembra donde se tomó la muestra del lote. De cada una de estas 20 plantas se tomó la Hoja D, se obtuvo el peso individual de cada una de ellas y luego se calculó el peso promedio de las mismas. El peso de la Hoja D de una planta lista para la inducción debe pesar entre 75 a 85 g en la variedad Cayena Lisa. La primera muestra se tomó a los 6 meses de la siembra y posteriormente al octavo mes.

b. Delimitación del experimento

Debido a que cada unidad experimental estuvo constituida por 125 plantas, se utilizaron 5 surcos de 25 plantas cada uno, las cuales se identificaron con el número de tratamiento y el número de repetición, el total de unidades experimentales fue de 45 y el total de plantas utilizadas fue de 1125.

c. Procedimiento para la inducción

Fisiológicamente la fitohormona que interviene en la inducción floral de la planta de piña es el etileno. La piña contiene naturalmente el etileno en la planta y fruto, pero también se le puede aplicar directamente a la planta para acelerar el proceso de inducción floral logrando así reducir el ciclo del cultivo, uniformizar y compactar la cosecha, que es de mucho beneficio para la programación de la producción de acuerdo a las necesidades del mercado y el productor.

Para el éxito en la inducción fue necesario realizar 2 aplicaciones, una explicación adecuada para la necesidad de dos aplicaciones, se basó en que el bajo contenido de azúcar del tallo que está en estado vegetativo activo resulta en una pobre respuesta a la floración. Por lo que la primera aplicación redujo el desarrollo vegetativo e incrementó el contenido de azúcar, mientras que la segunda aplicación indujo la floración.

d. Volumen de agua para dilución

Se utilizó un volumen de agua de 50 cc/planta, debido a que al momento de realizar la aspersión las plantas deben quedar bien mojadas.

e. Uso de Ethrel[®] 48 SL.

La inducción o fuerza de floración se realizó con Ethephón (ácido 2-chloroethyl fosfónico) el cual al descomponerse liberó fosfatos, cloro y etileno. Por lo tanto, el uso de Ethrel[®] en la fuerza es tan efectivo como el uso del gas etileno. Para la inducción se utilizó el producto comercial Ethrel[®] 48 SL a una dosis constante de 3.567 litros por hectárea.

f. Fuentes de nitrógeno

Debido a que el uso de nitrógeno incrementó la penetración cuticular de una variedad de compuestos, incluido el Ethephón. Con fines de investigación se utilizaron 3 fuentes de nitrógeno, urea (46% N.), nitrato de amonio (21% N) y nitrato de potasio (13% N), con la finalidad de evaluar su eficiencia en el proceso de inducción floral, de cada una de las fuentes se utilizaron, 25, 50, 75 y 100 kg/ha de producto comercial de cada una de las fuentes utilizadas.

Para evitar que la eficiencia de la inducción fuera afectada, se evitó la fertilización con nitrógeno en las 4 semanas antes de comenzar la inducción, debido a que aplicaciones al suelo y luego la que se agrega de forma foliar con el inductor, generan crecimiento vegetativo nuevo en vez de promover el crecimiento reproductivo.

g. Regulador de pH.

El pH del agua fue regulado usando 600 gramos de carbonato de calcio, para llevarlo entre 8 y 9 de pH. Para mejorar la efectividad del Ethephón se recomienda que su solución se haga en un medio alcalino de pH 8, por lo que debe agregarse un agente basificante (Agroenzimas, 2014).

Según Cooke y Randall (1968) el Ethephón permanece estable a pH bajo (menos de 4) y al entrar en los tejidos de la planta, debido a que el protoplasma de la célula tiene un pH mayor, produce una reacción por catálisis alcalina con la consiguiente liberación de etileno que es el responsable de toda la actividad biológica para inducir la floración. Todo este procedimiento puede obviarse si se aplica el etileno de forma gaseosa, sin

embargo resulta antieconómico y de baja efectividad en plantaciones a campo abierto por disiparse este gas con demasiada rapidez. De manera, que para hacer eficiente la absorción y facilitar la liberación del etileno a partir del Ethephón dentro del protoplasma celular, se alcaliniza la disolución. Estos autores concluyeron que el Ethephón al no alcalinizarse ejerce sus efectos liberando gradualmente etileno como producto de descomposición.

h. Orden de mezcla

Se realizó la dilución por separado de cada uno de los productos utilizados, el procedimiento fue el siguiente:

1. En un volumen de 10 litros de agua, se diluyeron 600 gramos de carbonato de calcio, para facilitar la disolución se calentó el agua.
2. Las fuentes nitrogenadas se diluyo en un volumen de 50 litros de agua
3. En un recipiente plástico con capacidad de 200 litros, se colocó 100 litros de agua.
4. Se vertió la pre-mezcla de agua y carbonato de calcio, agitándose bien por 5 minutos
5. Posteriormente se agregó la pre-mezcla de agua y la fuente de nitrógeno, se agitó bien por 5 minutos.
6. Se agregó agua hasta llegar a 180 litros
7. Se agregaron 3.567 litros de Ethrel[®] 48 SL, agitándose fuertemente hasta que se homogenizaron los productos
8. Se verifico el pH de la mezcla llevándolo a un pH = 9
9. Se ajustó el volumen hasta 200 litros y nuevamente agitar.

i. Condiciones para la aplicación

Al momento de realizar la aplicación se evitó que fuera en día lluvioso o que hubiera ocurrido una lluvia fuerte antes de la aplicación. Se evitó la aplicación de la mezcla en plantas que tuvieran agua acumulada en las axilas para evitar una mayor dilución de la mezcla. La inducción se realizó en horas frescas.

j. Aplicación de la mezcla

Para aplicar la mezcla se utilizó una bomba de mochila, con dosificador para 50 cc por descarga.

k. Cantidad de mezcla a aplicar

Cada planta recibió una dosis de 50 cc de la mezcla. La cual se aplicó en el meristemo apical de cada planta.

l. Segunda aplicación

La segunda aplicación de los productos indicados anteriormente se realizó siete días después de la primera aplicación, esto con la finalidad de asegurar la adecuada inducción a floración. Se siguió el mismo procediendo indicado anteriormente.

m. Identificación y embolsado de fruta

Una vez que se logró realizar la inducción con éxito, el siguiente paso fue cuidar la fruta ya que de esta etapa dependió el éxito de la investigación. Para esto se procedió a identificar mediante una etiqueta a todas aquellas plantas con inflorescencia y cuando el fruto estuvo formado se procedió a embolsar.

n. Cosecha

Para la variedad Cayena Lisa, la cosecha ocurrió entre las 28 y 29 semanas, a partir de la inducción floral.

6.10 VARIABLES DE ESTUDIO

a. Porcentaje de la inducción floral

Se realizó el recuento del número de plantas florecidas por tratamiento y se determinó el porcentaje a partir de los 22 días después de la inducción floral, hasta los 66 días con frecuencia de 7 días.

b. Homogeneidad de la floración

Se realizó el recuento de plantas florecidas en cada una de las parcelas, se hizo a partir de los 22 días después de la inducción floral.

d. Curva de crecimiento y desarrollo del fruto

Se determinó tomando medidas de estos, midiendo el diámetro en el plano ecuatorial y el plano polar.

c. Peso de frutos

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

6.11 ANALISIS DE LA INFORMACIÓN

6.11.1 Análisis estadístico.

Para cada una de las variables se realizó un análisis de varianza el paquete de diseños experimentales de la Universidad Autónoma de Nuevo León ver. 2.1, para aquellos resultados que mostraron diferencia estadística significativa se le realizó la prueba de Tukey para comparar las medias.

6.11.2 Análisis económico

Para el análisis económico se llevó un registro de los gastos en que se incurrieron por efecto del manejo de los tratamientos, con ellos y el precio de venta se determinó la rentabilidad, ya que ésta fue un índice que midió la relación entre la utilidad o la ganancia que se obtuvo, y la inversión o los recursos que se utilizaron para la producción de piña.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Porcentaje de la inducción floral

Se realizó el recuento del número de plantas florecidas y se determinó el porcentaje hasta los 66 días, estos datos fueron transformados mediante $\sqrt{\%+0.5}$ con la finalidad de alcanzar homogeneidad en la varianza y una mejor aproximación normal, los resultados se sometieron a análisis de varianza, se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 3. Porcentaje de Floración

Factores		Repeticiones		
A	B	I	II	III
1	1	0.7071	0.7071	0.7071
1	2	8.1135	8.2401	8.0808
1	3	8.3096	8.4089	8.3785
1	4	9.6617	9.6922	9.7339
1	5	9.3674	9.2817	9.2195
2	1	0.7071	0.7071	0.7071
2	2	7.1224	7.3945	7.2698
2	3	6.9821	6.8373	7.0547
2	4	8.8921	8.9621	9.0000
2	5	8.3516	8.2613	8.2698
3	1	0.7071	0.7071	0.7071
3	2	8.3216	8.1104	7.9843
3	3	8.1639	8.0777	8.2340
3	4	9.2628	9.1607	9.2628
3	5	8.6660	8.8345	7.0710

Datos transformados = $\sqrt{\%+0.5}$

Cuadro 4. Análisis de varianza para porcentaje de floración.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repeticiones	2	0.125488	0.062744	0.8433	0.503 ^{ns}
Factor A	2	4.894775	2.447388	32.8942	0.005*
Error A	4	0.297607	0.074402		
Factor B	4	438.154053	109.538513	1589.3837	0.000*
Interacción	8	3.176758	0.397095	5.76	0.001*
Error B	24	1.654053	0.068919	5.7555	
Total	44	448.302734	0.061722		

C.V. (Error B) = 3.83%

Los resultados del análisis de varianza mostraron que para el factor A (Etrhel[®] 0.24%), tuvo diferencia estadística significativa. Debido a que los grados de libertad del factor A son dos, el análisis de separación de medias se realizó a través de la prueba DMS a un nivel de significancia del 5% los resultados se presentan en el cuadro 5.

El análisis de varianza para el factor B, mostró diferencia estadística significativa entre dosis de fuente de nitrógeno aplicada, por lo que se realizó prueba múltiple de medias, a través del test de Tukey a un $\alpha = 0.05$, los resultados se presentan el cuadro 6.

El análisis de varianza para la interacción Ethrel[®]/dosis de fuente de nitrógeno mostró diferencia estadística significativa, por lo que fue necesario realizar prueba múltiple de medias.

Cuadro 5. Prueba DMS, para la interacción Ethrel[®]/dosis de fuente de nitrógeno.

Tratamiento	Media		% Inducción
Ethephón + Urea	7.2406	A	88
Ethephón + Nitrato de potasio 3	6.8847	B	83
Ethephón + Nitrato de amonio	6.4346	C	78
			Tukey = 0.2765

La diferencia mínima significativa para el factor A presentó que la aplicación de Ethephón más Urea al 46% fue quien permitió el mayor porcentaje de floración. La interacción Ethephón mas nitrato de potasio fue quien logro el segundo porcentaje de inducción y la interacción de Ethephón mas nitrato de amonio ocupo el tercer lugar y fue quien logró el menor porcentaje de inducción de floración en piña.

Cuadro 6. Prueba DMS para dosis de fuente de nitrógeno

Tratamiento	Media		% Inducción
75 kg/ha	9.2920	A	93
100 kg/ha	8.5914	B	85
75 kg/ha	7.8486	C	84
50 kg/ha	7.8274	C	84
0 kg/ha	0.7071	D	0

Tukey = 0.2554

La prueba DMS para dosis de fuente de nitrógeno mostro que la aplicación de 75 kg/ha (T4) de fuente de nitrógeno Urea (46%) fue la que permitió obtener el mayor porcentaje de inducción de flor en piña. Las plantas que fueron tratadas con la dosis de 100kg/ha (T5) de fuente de nitrógeno Urea (46%) fue la que logro el segundo mayor porcentaje de inducción. Los tratamientos donde se aplicaron las dosis de 25 y 50 kg/ha (T12 y T13) de Nitrato de potasio (13% N) tuvieron respuestas similares en el porcentaje de inducción, siendo estos el tercer tratamiento en orden de importancia.

Al analizar los resultados para fuente de nitrógeno más Ethephón, se tuvo de acuerdo al cuadro 5, que estadísticamente es la Urea con 46% de nitrógeno la que permitió la mayor inducción floral de plantas de piña. En el orden de importancia la media de inducción floral al aplicar Nitrato de potasio como fuente de nitrógeno estadísticamente difiere del primer tratamiento y es una segunda opción como inductor, y finalmente Nitrato de amonio, es quien tuvo los menores porcentajes de forzamiento en la inducción, siendo la fuente de nitrógeno menos efectiva.

Cuadro 7. Prueba de Tukey, interacción Ethephón/dosis fuente de nitrógeno para el porcentaje.

Tratamiento		Media		% Inducción
T4	Ethephón + 75 kg/ha de Urea 46%	9.6960	A	93
T5	Ethephón + 100 kg/ha de urea 46%	9.2895	A	85
T14	Ethephón + 75 kg/ha de Nitrato de potasio	9.2288	A	84
T9	Ethephón + 75 kg/ha de Nitrato de amonio	8.9667	AB	84
T3	Ethephón + 50 kg/ha de Urea 46%	8.3657	BC	79
T10	Ethephón + 100 kg/ha de Nitrato de amonio	8.2942	BC	79
T15	Ethephón + 100 kg/ha de Nitrato de potasio	8.1905	BC	79
T13	Ethephón + 50 kg/ha de Nitrato de potasio	8.1585	C	76
T2	Ethephón + 25 kg/ha de Urea 46%	8.1448	C	76
T12	Ethephón + 25 kg/ha de Nitrato de potasio	8.1388	C	76
T7	Ethephón + 25 kg/ha de Nitrato de amonio	7.2622	D	75
T8	Ethephón + 50 kg/ha de Nitrato de amonio	6.9580	D	75
T1	Ethephón + 0 kg/ha de Urea	0.7104	E	0
T6	Ethephón + 0 kg/ha de nitrato de amonio	0.7104	E	0
T11	Ethephón + 0 kg/ha de nitrato de potasio	0.7104	E	0

Tukey = 0.8026

El análisis de medias de la interacción Ethephón/dosis de fuente de nitrógeno se realizó mediante prueba de Tukey a un nivel de significancia del 5%, la separación de medias mostró que los tratamientos donde se aplicó de forma combinada: Ethephón más 75 kg/ha de Urea (T4), Ethephón más 100 kg/ha de urea (T5) y Ethephón más 75 kg/ha de Nitrato de potasio (T14), mostraron el mayor porcentaje de inducción de inflorescencia en plantas de piña.

Estadísticamente estos tratamientos presentaron resultados similares, logrando una media de porcentaje de inducción de inflorescencia del 88%, sin embargo, al analizar por separado el porcentaje medio de floración que tuvo cada tratamiento, se tuvo que

Ethephón más 75 kg/ha de Urea (T4) alcanzo el 93% de plantas con inflorescencia y Ethephón más 100 kg/ha de urea (T5) tuvo un 85% de plantas con inflorescencia. Ethephón más 75 kg/ha de Nitrato de potasio (T14) logro un 84% de inducción. Al comparar estos resultados con el tratamiento testigo quien no presentó ninguna inflorescencia se tuvo que el uso de Ethephón mas una fuente nitrogenada permite inducir y forzar a la planta a la emisión de inflorescencia teniendo uniformidad en la producción, esto permite aceptar la hipótesis alterna.

Los resultados obtenidos coinciden con lo propuesto por Montenegro (2010), quien menciona que se han encontrado determinados compuestos químicos que, aplicados a la planta estimulan la floración, este procedimiento se fundamenta en el hecho de que en una plantación comercial, las plantas de piña tienden a florecer y madurar no uniformemente, esto obliga a varias cosechas en un mismo lote, lo que incrementa el costo de producción, por esto se utiliza un compuesto químico como regulador de la cosecha, lo que disminuye esta falta de uniformidad en la maduración y el número de cosechas.

7.2 Homogeneidad de floración

Para determinar esta variable se realizó el recuento de plantas florecidas cuando estas se mostraban externamente visibles en cada una de las unidades experimentales, se determinó en base a porcentaje en cada uno de los intervalos de conteo, el recuento se inició a partir de los 22 días después de la inducción floral.

Se pudo observar que entre los 44 a 66 días después de inducción, las plantas de piña empezó el aparecimiento de la inflorescencia, los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 10.

Cuadro 8. Análisis de varianza para la homogeneidad de la floración, 22 días después de inducción.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repeticiones	2	0.013359	0.006680	0.9284	0.532 ^{ns}
Factor A	2	0.014153	0.007076	0.9836	0.549 ^{ns}
Error A	4	0.028778	0.007195		
Factor B	4	0.029388	0.007347	1.0496	0.403 ^{ns}
Interacción	8	0.055199	0.006900	0.9857	0.528 ^{ns}
Error B	24	0.167992	0.007000		
Total	44	0.308868			

C.V. (Error B) = 5.40%

El análisis de varianza para la homogeneidad de floración 22 días después de inducción mostro que el porcentaje de plantas que presentaron inflorescencia no tuvieron diferencia estadística significativa a un nivel de significancia del 5%, por lo que no se hace comparación de medias porque no hay diferencia significativa entre el nivel de Etheption utilizado, ni entre las diferentes fuentes de nitrógeno. La interacción Etheption/fuentes de nitrógeno tampoco mostro significancia.

Se observó que a los 22 días después de la inducción no se aprecia la visibilidad de la efectividad del Etheption más las fuentes de nitrógeno evaluadas, no teniéndose significancia en los resultados obtenidos, estos resultados coinciden con lo mencionado por Bolaños (2003), quien menciona que la floración no se muestra externamente visible sino hasta los 40 y 60 días después. Corrobora también Cunha (1989), quien afirma que a partir de los 40– 50 días después del tratamiento de inducción floral se nota el surgimiento de la inflorescencia.

Cuadro 9. Análisis de varianza para la homogeneidad de la floración, 44 días después de inducción.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repeticiones	2	0.005371	0.002686	0.4378	0.675 ^{ns}
Factor A	2	8.467529	4.233765	690.2090	0.000*
Error A	4	0.024536	0.006134		
Factor B	4	312.489868	78.122467	2220.8650	0.000*
Interacción	8	3.236328	0.404541	11.5003	0.000*
Error B	24	0.844238	0.035177		
Total	44	325.067871			

$$C.V. (\text{Error B}) = 3.23\%$$

El análisis de varianza para la homogeneidad de floración a los 44 días después de inducción floral mostró diferencia estadística significativa para Ethephón, así como para fuentes de nitrógeno. La interacción Ethephón/fuente de nitrógeno también tuvo diferencia estadística significativa, los resultados se presentan en la figura 1.

Uno de los aspectos más importantes en la producción de piña es la inducción floral, pues, la uniformidad de su producción depende de esta práctica. Según Jiménez (1996), una buena inducción floral es aquella que logra que el 90% de las plantas inicien su diferenciación.

La inducción floral depende de muchos factores: densidad de población, edad y peso de las plantas, época del año, nivel de nitrógeno en la planta, temperatura ambiental, hora del día, variedad, dosis y volumen de aplicación del agente inductor, acorta el ciclo vegetativo de la planta, permite sincronizar y uniformar la floración y fructificación, facilita el financiamiento, ayuda a planear o programar la cosecha, permite el ahorro de mano de obra para realizar la cosecha, permite regular la oferta y asegurar un flujo continuo de fruta (Jiménez, 1996).

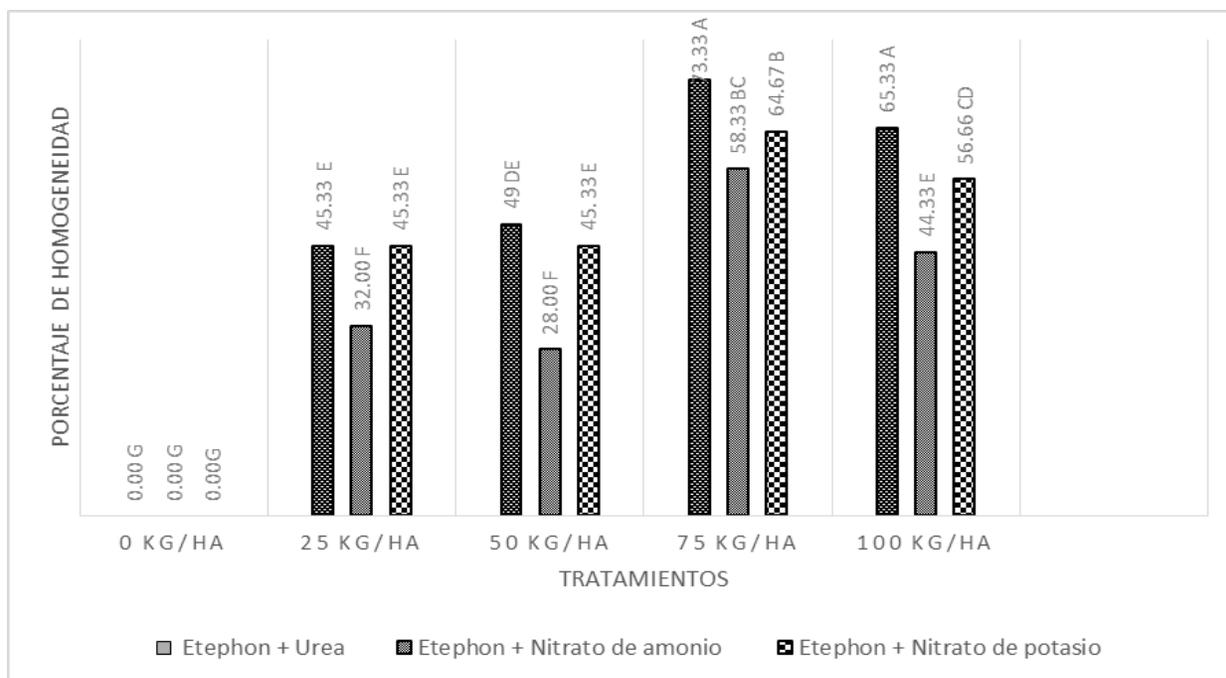


Figura 1. Prueba de Tukey para los gráficos del porcentaje (%) de homogeneidad de floración a los 44 días después de inducción. Valores con la misma letra, indican que los tratamientos son estadísticamente iguales, de acuerdo con la prueba de Tukey ($P < 0.05$). El coeficiente de variabilidad indicó una variación relativamente baja para condiciones de campo.

La emergencia de inflorescencias observada a los 44 días después de inducción, mostro que los tratamientos donde se aplicó fuente de nitrógeno manifestó signos de una estimulación suficiente para producir la inflorescencia al finalizar el periodo de evaluación. En el testigo no se encontró ninguna planta con inflorescencia, demostrando que las condiciones ambientales no favorecieron la producción interna de etileno para inducir de forma natural.

Los valores obtenidos al realizarles el análisis de medias a través de la prueba de Tukey mostraron que la aplicación de Etephón más Urea en dosis de 75 kg/ha y Etephón más Urea en dosis de 100 kg/ha fueron los que mostraron la mayor homogeneidad de floración.

Los tratamientos donde se aplicó Ethephón mas Urea en dosis de 25 kg/ha, Ethephón mas Nitrato de Potasio 25 kg/ha, Ethephón mas Urea en dosis de 50 kg/ha, Ethephón más 50 kg/ha de Nitrato de potasio y Ethephón más Nitrato de Amonio en dosis de 100 kg/ha, mostraron una homogeneidad en porcentajes estos fueron del 45%.

En el cuadro 10. Se presenta el análisis de varianza para la homogeneidad de floración 66 días después de inducción.

Cuadro 10. Análisis de varianza para la homogeneidad de floración, 66 días después de inducción.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repeticiones	2	0.125488	0.062744	0.8433	0.503 ^{ns}
Factor A	2	4.894775	2.447388	32.8942	0.005*
Error A	4	0.297607	0.074402		
Factor B	4	438.154053	109.538513	1589.3837	0.000*
Interacción	8	3.176758	0.397095	5.76	0.001*
Error B	24	1.654053	0.068919	5.7555	
Total	44	448.302734	0.061722		

C.V. (Error B) = 3.83%

El análisis de variación mostró que se tuvo diferencia estadística significativa para el factor Ethephón y para el factor fuente de Nitrógeno. También se tuvo significancia para la interacción Ethephón/fuente de nitrógeno, por lo que se realizó prueba múltiple de medias, los resultados se presentan en la figura 2.

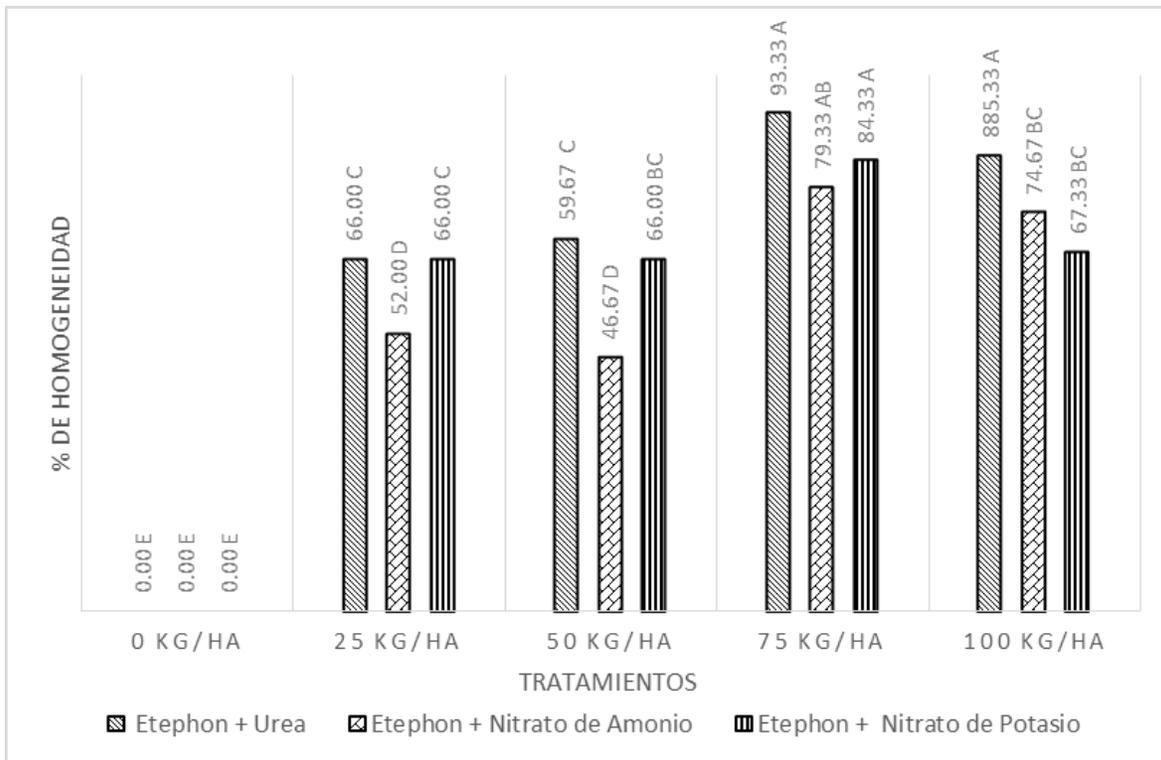


Figura 2. Prueba de Tukey para los gráficos del porcentaje (%) de homogeneidad de floración a los 66 días después de inducción. Valores con la misma letra, indican que los tratamientos son estadísticamente iguales, de acuerdo con la prueba de Tukey ($P < 0.05$). El coeficiente de variabilidad indicó una variación relativamente baja para condiciones de campo.

Los datos tomados 66 días después de la inducción mostraron que el tratamiento testigo no presentaron inflorescencias demostrando que las condiciones ambientales no favorecieron la producción interna de etileno, por lo tanto, se puede afirmar que la aplicación de Etephón mas una fuente nitrogenada estimuló en la planta la inducción de inflorescencia.

Los tratamientos donde se aplicó Etephón mas Urea en dosis de 75 y 100 kg/ha y Etephón más 75 kg/ha de Nitrato de Potasio, fueron los que presentaron la mayor homogeneidad de floración superando el 85% de inducción.

La interacción de los tratamientos Etephón mas Urea 25kg/ha, Etephón mas Nitrato de potasio 25 kg/ha, Etephón mas Urea 50 kg/ha, Etephón mas Nitrato de Potasio

100 kg/ha, Ethephón mas nitrato de Amonio 100 kg/ha, estadísticamente son iguales tienen resultados parecidos en la inducción, la media de homogeneidad de floración de estos tratamientos fue de 63%

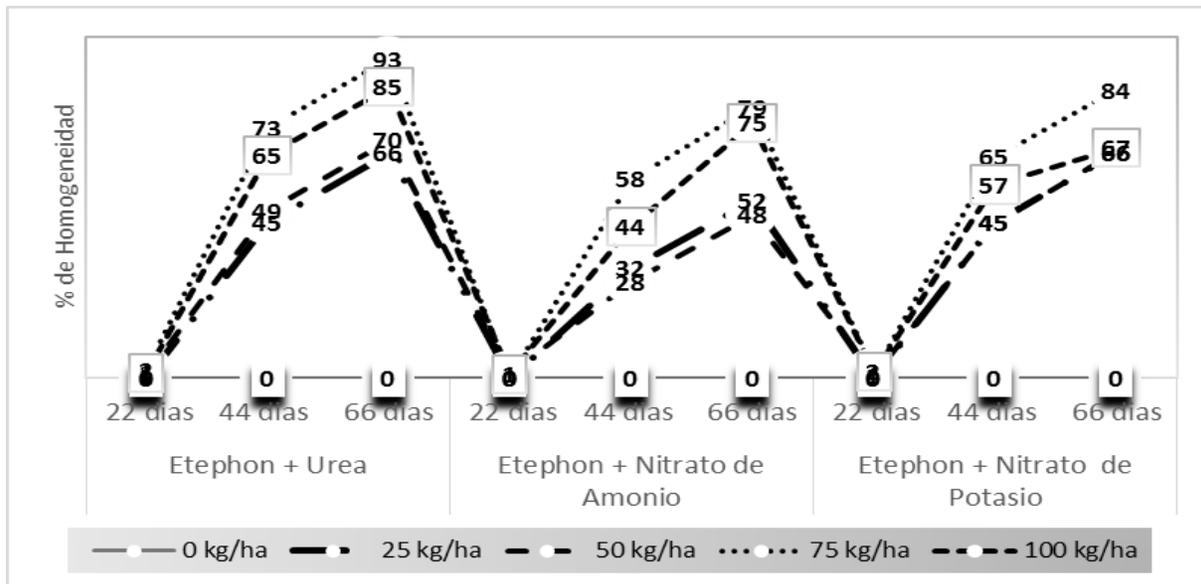


Figura 3. Gráficos del porcentaje de homogeneidad de floración a los 22, 44 y 66 días después de inducción.

De acuerdo al comportamiento de la curva podemos ver que la máxima homogeneidad de floración se alcanza entre los 44 y 66 días después de inducción. Para el efecto inductor se observó que Ethephón mas Urea en las dosis de 75 y 100 kg/ha, así como Ethephón mas Nitrato de potasio en dosis de 75 kg/ha, estadísticamente tienen rendimientos similares y fueron las que tuvieron la mayor homogeneidad.

La forma de Nitrógeno que mejoró la eficiencia del Ethephón, como inductor floral, fue la urea, ya que ésta en todas las dosis utilizadas, siempre presentó mayor porcentaje de floración que las dosis de Nitrato de amonio y Nitrato de potasio utilizadas; además a los 44 días luego del forzamiento, las dosis de 75 y 100 kg/ha de urea presentaron más del 65% de inducción floral, mientras que los otros tratamientos presentaron a ese mismo tiempo menos del 50%.

Teóricamente cuando la plantación ha sido forzada e inicia la emergencia de las inflorescencias, esta debería ser uniforme en todas las plantas. Sin embargo, en la práctica no siempre sucede de esa manera, porque siempre existen plantas más

expuestas que otras, pues, al ser de mayor tamaño tienen la posibilidad de captar más etileno (en este caso) y tienen mayor disponibilidad de luz, lo que les facilita el aceleramiento de los procesos fisiológicos con respecto a plantas más pequeñas muy probablemente con cierto grado de sombra provocada por plantas de mayor tamaño.

Entre los 66 y 88 días post forzamiento no se observó incremento en el número de inflorescencias en las plantas de todos los tratamientos.

7.3 Curva de crecimiento y desarrollo del fruto

Para la determinación de esta variable se seleccionaron 5 frutos de cada unidad experimental, a los cuales se les realizó medidas en cm en el plano ecuatorial cada 25 días hasta el momento de cosecha, por lo que se realizaron 8 muestreos.

Con los diámetros tomados se elaboró la curva de crecimiento en diámetro que presento cada uno de los tratamientos, mostrando el crecimiento de los frutos de piña siguen una curva sigmoidea simple, los resultados se presentan por separado para la combinación Etephón más urea, Etephón más Nitrato de potasio y Etephón más Nitrato de amonio los resultados se presentan en las figuras 4, 5 y 6.

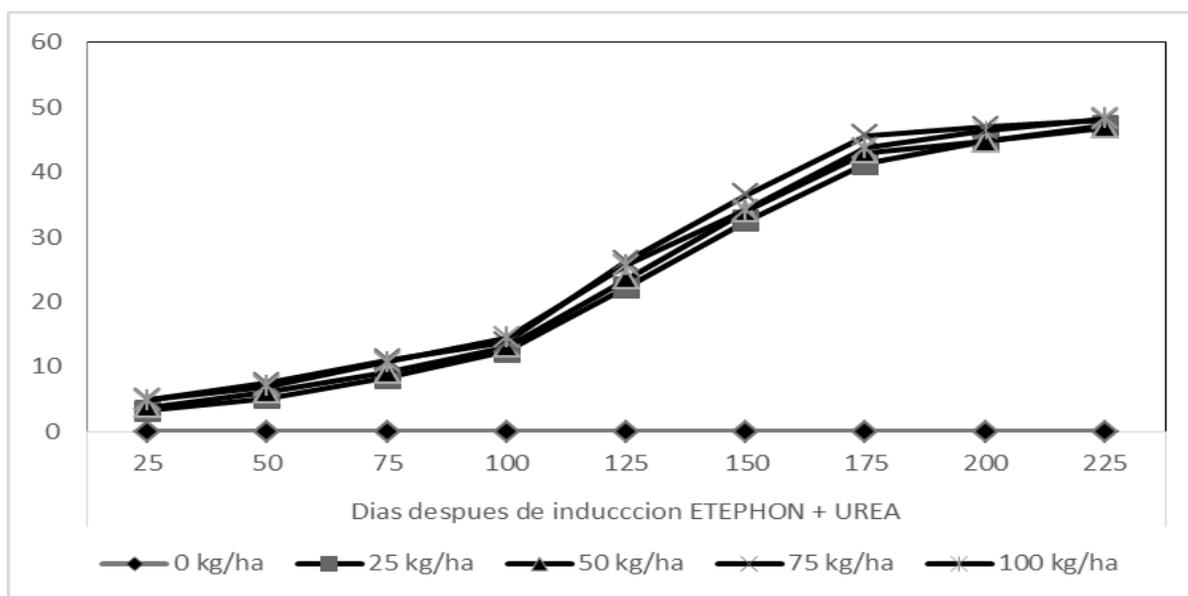


Figura 4. Curva de crecimiento y días a cosecha de frutos de piña, Etephón más urea en cinco dosis.

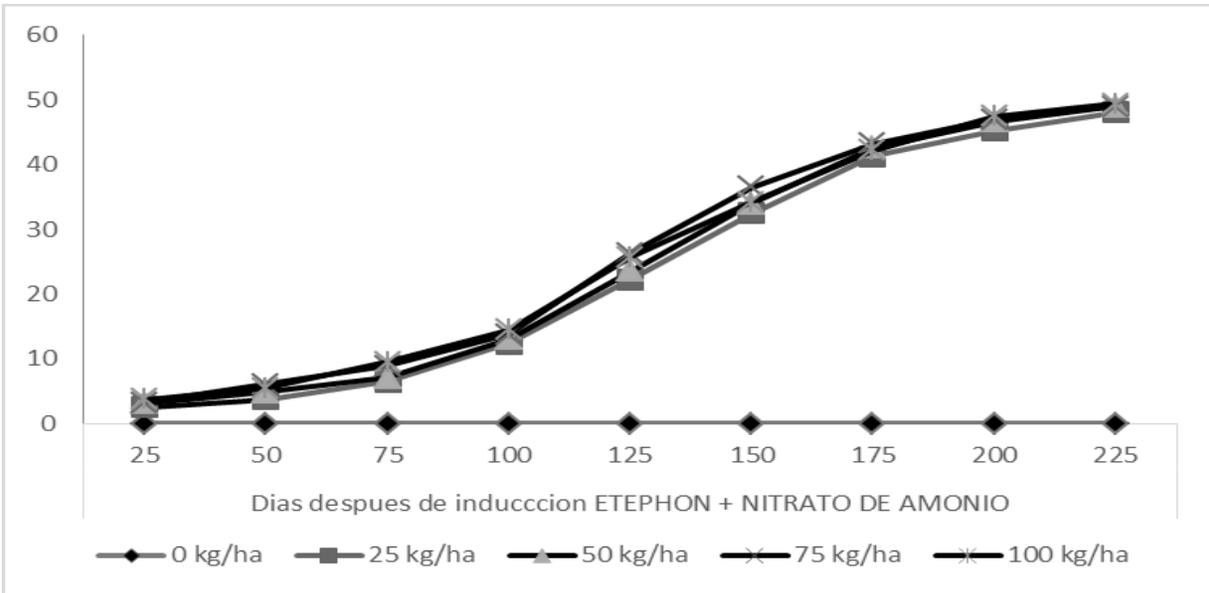


Figura 5. Curva de crecimiento y días a cosecha de frutos de piña, Etephón más Nitrato de Amonio en cinco dosis.

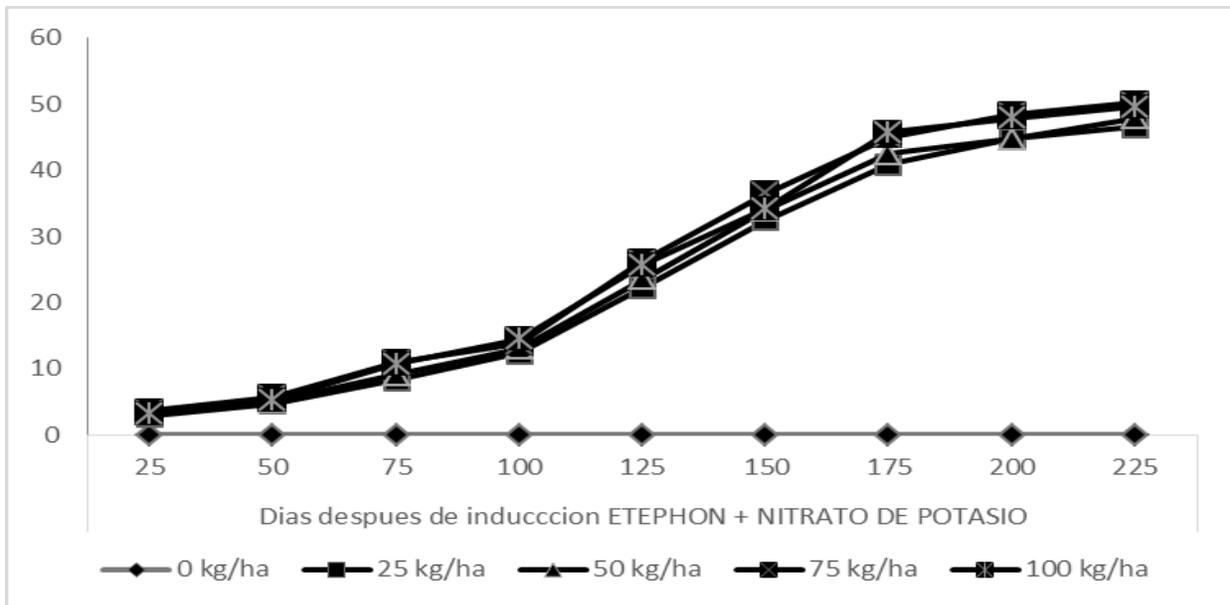


Figura 6. Curva de crecimiento y días a cosecha de frutos de piña, Etephón más Nitrato de Potasio en cinco dosis.

Los resultados obtenidos en cuanto al crecimiento del diámetro ecuatorial de frutos de piña, se ajustan, al igual que muchos frutos tropicales, a una curva de tipo sigmoidea simple, en la cual hay una primera etapa de crecimiento lento que se

desarrolla a través de sucesivas divisiones celulares, luego hay una segunda etapa en que el fruto sigue creciendo, pero no por división celular, sino que por el aumento del tamaño de las células y espacios intercelulares esto ocurre entre el día 100 y 175 después de haberse formado el fruto. En esta etapa se observa el mayor aumento de tamaño de los frutos, finalmente existe una tercera etapa entre el día 175 y 200 donde ocurren los procesos que caracterizan al fruto maduro, como cambios en la coloración externa, aumento de la cantidad de jugo, y cambios en la concentración de azúcares y ácidos del jugo, etapa en la cual el fruto sigue creciendo, pero a una tasa menor.

7.4 Peso de frutos

En el cuadro 11 se pueden observar los resultados del análisis de varianza para el peso en fresco de cada fruto de piña, el peso se midió mediante una balanza de reloj y los resultados se expresaron en kg.

Cuadro 11. Análisis de varianza para peso de fruto de piña.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Repeticiones	2	83.726563	41.863281	2.2817	0.218 ^{ns}
Factor A	2	35.257813	17.628906	0.9608	0.542 ^{ns}
Error A	4	73.390625	18.347656		
Factor B	4	19245.640625	4811.410156	278.9276	0.000*
Interacción	8	124.242188	15.530273	0.9003	0.532 ^{ns}
Error B	24	413.992188	17.249674		
Total	44	19976.250000			

C.V. (Error B) = 9.90%

Los datos obtenidos mediante el análisis de varianza del cuadro 10 se tuvo que no existió diferencia estadística significativa para el factor Ethephón, como tampoco para la interacción Ethephón/fuente de nitrógeno. Para el factor fuente de nitrógeno se tuvo diferencia estadística significativa, por lo que se realizó prueba múltiple de medias mediante el test de Tukey, los resultados se presentan en la figura 7.

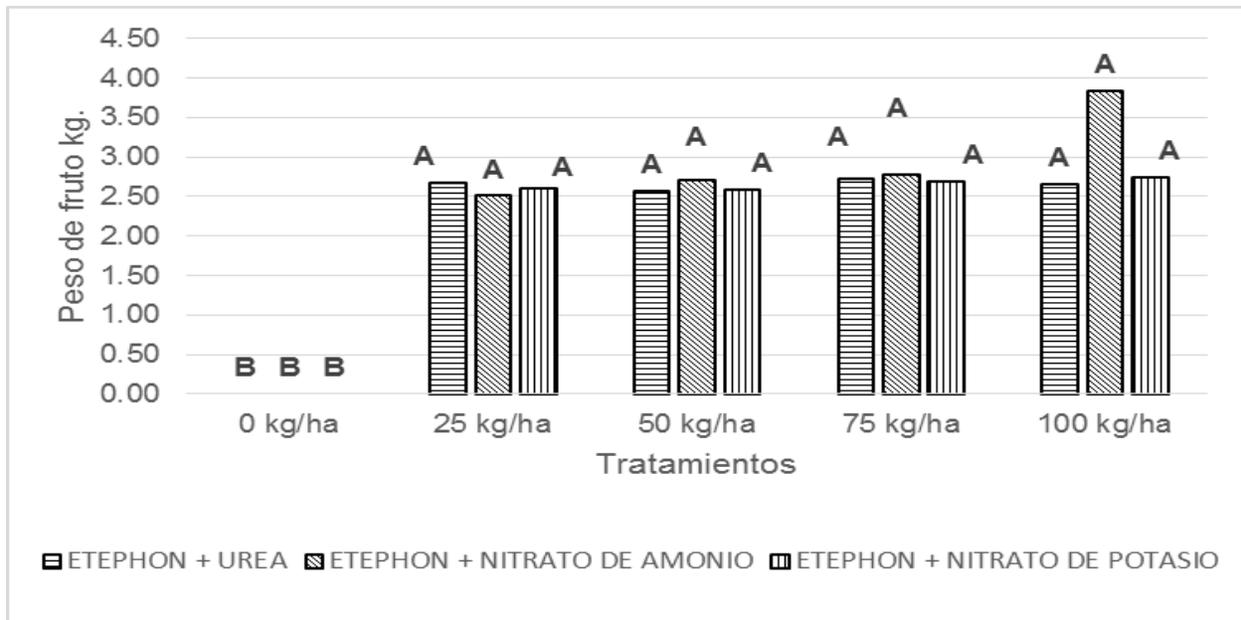


Figura 7. Prueba de Tukey peso del fruto. Valores con la misma letra, indican que los tratamientos son estadísticamente iguales, de acuerdo con la prueba de Tukey ($P < 0.05$). El coeficiente de variabilidad indicó una variación relativamente baja para condiciones de campo.

La prueba de Tukey para la variable peso de frutos mostro que se formaron 2 grupos diferenciados, las plantas que recibieron aplicación de Ethephón mas una fuente de nitrógeno, se tuvo que entre las plantas que recibieron la aplicación de Ethephón mas una fuente de nitrógeno estadísticamente fueron iguales por lo que ninguna de las fuentes de nitrógeno utilizada permitió que se tuvieran pesos diferentes.

7.5 ANÁLISIS ECONÓMICO

Para el análisis económico se llevó registro de los gastos en que se incurrieron por efecto del manejo de los tratamientos, con ellos y el precio de venta se determinó la rentabilidad, los resultados del análisis se presentan en el cuadro 13.

Cuadro 12. Rendimiento de frutos/ha de piña e ingreso bruto.

	Tratamiento	Rendimiento Frutos/h	Costo de Producción (Q/ha)
T2	Ethephón + Urea 25 kg/ha	16461	Q. 35443.30
T3	Ethephón + Urea 50 kg/ha	17372	Q. 35788.60
T4	Ethephón + Urea 75 kg/ha	23378	Q. 35913.30
T5	Ethephón + Urea 100 kg/ha	21450	Q. 36125.00
T7	Ethephón + Nitrato de Amonio 25 kg/ha	13063	Q. 35225.30
T8	Ethephón + Nitrato de Amonio 50 kg/ha	11981	Q. 35375.00
T9	Ethephón + Nitrato de Amonio75 kg/ha	19977	Q. 35500.60
T10	Ethephón + Nitrato de Amonio100 kg/ha	17074	Q. 35890.00
T12	Ethephón + Nitrato de Potasio 25 kg/ha	16440	Q. 35722.00
T13	Ethephón + Nitrato de Potasio 50 kg/ha	16517	Q. 35953.00
T14	Ethephón + Nitrato de Potasio75 kg/ha	21168	Q. 36121.66
T15	Ethephón + Nitrato de Potasio100 kg/ha	19304	Q. 36150.75

Cuadro 13. Análisis de rentabilidad, para el rendimiento de frutos de piña.

	Tratamiento	Ingreso Bruto (Q/ha)	Ingreso neto (Q.)	Rentabilidad (%)
T2	Et. + Urea 25 kg/ha	Q. 65843.80	Q. 30400.00	85.77
T3	Et. + Urea 50 kg/ha	Q. 69488.60	Q. 33700.00	94.16
T4	Et. + Urea 75 kg/ha	Q. 93513.30	Q. 57600.00	160.39
T5	Et. + Urea 100 kg/ha	Q. 85800.00	Q. 49675.00	137.51
T7	Et. + Nitrato de Amonio 25 kg/ha	Q. 52253.30	Q. 17028.00	48.34
T8	Et. + Nitrato de Amonio 50 kg/ha	Q. 47923.30	Q. 12543.00	35.47
T9	Et. + Nitrato de Amonio75 kg/ha	Q. 79906.60	Q. 44406.60	125.09
T10	Et. + Nitrato de Amonio100 kg/ha	Q. 68296.00	Q. 64706.60	86.65
T12	Et. + Nitrato de Potasio 25 kg/ha	Q. 82200.00	Q. 46478.00	84.09
T13	Et. + Nitrato de Potasio 50 kg/ha	Q. 82583.25	Q. 46630.25	83.76
T14	Et. + Nitrato de Potasio75 kg/ha	Q.105841.00	Q. 69720.00	134.41
T15	Et. + Nitrato de Potasio100 kg/ha	Q. 96520.75	Q. 60370.00	113.60

Et. = Ethephón

El cuadro 13, presenta el análisis de rentabilidad de cada uno de los tratamientos en la evaluación de tres fuentes nitrogenadas y diferentes dosis sobre el efecto de Ethephón como inductor de floración en piña. Se presenta en el cuadro 12 el costo de producción por hectárea de cada uno de los tratamientos, así como el ingreso bruto generado. De acuerdo al porcentaje de plantas floreadas se obtuvo la producción por hectárea, teniendo una densidad de 25000 plantas/ha.

Se observó que el tratamiento donde se aplicó Ethephón 3.567 l/ha, mas Urea 75 kg/ha, indujo a floración al 93% plantas, obteniéndose una producción de 23378 frutos/ha, con un costo de producción de Q35913.30/ha, esto generó un ingreso bruto de Q. 93513.30 y una rentabilidad de 160.39%, este tratamiento fue el más rentable de la presente evaluación. El tratamiento donde se aplicó Ethephón 3.567 l/ha mas Urea 100 kg/ha, indujo a floración a un 85% de las plantas, con una producción de 21450 frutos/ha y una rentabilidad de 137.51%, siendo este el segundo tratamiento más rentable de la evaluación.

Al comparar la rentabilidad de cada uno de los tratamientos se observó que todos los tratamientos más una fuente de nitrógeno indujeron en diferentes porcentajes a las plantas, al comparar al momento de cosecha con el tratamiento testigo, se tuvo que en este no hubo frutos que cosechar. El tratamiento donde se aplicó Ethephón 3.567 lt/ha mas Nitrato de Amonio 50 kg/ha fue quien indujo un 47% de plantas con una producción de 11981 frutos/ha, estos generaron una rentabilidad de 35.47%.

8. CONCLUSIONES

- El mayor porcentaje de inducción floral se obtuvo mediante la combinación de Ethephón (3.567 l/ha) más 75 kg/ha de Urea con un 93% de plantas con inflorescencia y Ethephón más 100 kg/ha de urea tuvo un 85% de plantas con inflorescencia. Ethephón más 75 kg/ha de Nitrato de potasio logro un 84% de inducción. Al comparar estos resultados con el tratamiento testigo quien no presentó ninguna inflorescencia se tuvo que el uso de Ethephón más una fuente nitrogenada permiten inducir y forzar a la planta a la emisión de inflorescencia, esto permite aceptar la hipótesis alterna.
- La máxima homogeneidad de floración se alcanza entre los 44 y 66 días después de inducción. El efecto inductor se observó que Ethephón mas Urea en las dosis de 75 y 100 kg/ha, así como Ethephón mas Nitrato de potasio en dosis de 75 kg/ha, estadísticamente tienen rendimientos similares y fueron las que tuvieron la mayor homogeneidad.
- Para la variable peso de frutos se formaron 2 grupos estadísticamente diferenciados. Las plantas que recibieron aplicación de Ethephón más una fuente de Nitrógeno estadísticamente sus pesos fueron iguales los cuales tuvieron una media de 2.75 Kg. El otro grupo lo formo el tratamiento testigo, quien no presento inflorescencia.
- El tratamiento donde se aplicó Ethephón 3.567 l/ha, más Urea 75 kg/ha, obtuvo una rentabilidad de 160.39%, este tratamiento fue el más rentable, el tratamiento donde se aplicó Ethephón 3.567 l/ha más Urea 100 kg/ha, teniendo una rentabilidad de 137.51%, el segundo tratamiento más rentable y el tratamiento donde se aplicó Ethephón 3.567 l/ha, más Nitrato de Potasio 75 kg/ha logró una rentabilidad de 134.41% y resultando el tercer tratamiento de rentabilidad de la evaluación.
- Al comparar la rentabilidad de cada uno de los tratamientos se observó que todos los tratamientos más una fuente de nitrógeno indujeron en diferentes porcentajes a

las plantas, al comparar al momento de cosecha con el tratamiento testigo, se tuvo que en este no hubo frutos que cosechar. El tratamiento donde se aplicó Etheephón 3.567 l/ha más Nitrato de Amonio 50 kg/ha fue quien indujo un 47% de plantas con una producción de 11981 frutos/ha.

9. RECOMENDACIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente para obtener el mayor porcentaje de inducción floral, aplicar de forma combinada Etheption 3.567 l/ha más Urea 75 kg/ha obteniendo el 93% de plantas floreadas.
- Para inducir la inflorescencia en plantas de piña la combinación de Etheption 3.567 l/ha más Urea 100 kg/ha este tratamiento indujo el 85% de plantas.
- Combinar el Etheption 3.567 l/ha más Nitrato de potasio en dosis de 75 kg/ha ya que con este se logró un 84% de inducción de inflorescencias.
- Realizar evaluaciones similares en otras variedades comerciales de piña en distintas localidades de Guatemala.
- Se recomienda previo a efectuar evaluaciones de este tipo, realizar análisis de suelo para conocer el estado nutricional del mismo y su influencia en los resultados.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Agroenzymas (2011). Información técnica y fisiológica del cultivo de la piña, Laboratorios agroenzymas S. A. México, pp 1-7.
- Agroenzymas (2013). Información técnica y fisiológica del cultivo de piña. Uso de biorreguladores y estimulantes para incrementar la productividad del cultivo. Estado de México, 7 p.
- Anderson, D. (1991). Recomendaciones para la cosecha y empaque de piña fresca para exportación. Guatemala, Proyecto de Apoyo a las Exportaciones de Productos No-Tradicionales para Centro América y Panamá. 20 p.
- Arias, S. & López P. (2007). Manual para la inducción floral en piña. Manual de producción Proyecto de diversificación económico rural, USAID.
- Barbosa, N.; Cunha, G. da; (1998). Controle da floração natural do abacaxizeiro „Pérola“ com ureia e reguladores de crescimento, no Recôncavo Baiano. Revista Brasileira de Fruticultura, Cruz das Almas, v. 20, n. 3, p. 359-366.
- 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.
- Bersch, F. (2003). Absorción de nutrimentos por los cultivos. San José (CR) : ACCS, 7 p.
- Bocanegra, C. (1993). Ethrel en el control de la floración en caña de azúcar. Brasil, Rhone Poulenc. 27p.
- Bolaños, R. (2003). Evaluación de Inductores Florales y Dosis en el Cultivo de la Piña [*Ananas comosus* (L.) merr] en la zona Ticuantepe.

- Carias, J. (1999) Técnicas de manejo en el cultivo de Piña *Annanas comosus*, con énfasis en utilización de Etheplón. Instituto Tecnológico de Costa Rica. San José Costa Rica
- CENTA (2011). Guía técnica del cultivo de la piña, Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria, El Salvador, C. A. 25 –p.
- CINDIE, GT. s.f. Proyecto de mango. Guatemala. 20 p.
- Cooke, R y Randall, L. (1968) Uso del ácido Haloetanofosfonico y Etileno como agentes en la inducción de floración en piña. *Natura* 218; 974-975.
- Cruz S, JR De la. (1982). Clasificación de zonas de vida de Guatemala; según el sistema Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
- Cunha., G. A. P.(1989). Eficiência do Etheplón, em mistura com hidróxido de cálcio E uréia, na floração do abacaxi .1 rev. *Brasil Fisiología Vegetal*, 1 (1):51-54, 1989.
- Gil, F; Velarde, A. (1989). Tratado de arboricultura frutal, morfología y fisiología del árbol. 2 ed. Barcelona, España.
- Grupo DISAGRO, GT. (1996). Uso de nitrato de potasio como inductor de floración en el cultivo de mango. *Guatemala* 4(11):1-4.
- Jiménez D. (1999). Manual práctico para el cultivo de la piña de exportación. Cartago. CR, Editorial Tecnológica. 224 p.
- IPNI (2010). Nitrato de potasio, fuentes de nutrientes específicos. Hojas informativas, Internacional Plant Nutrition Institute, USA, 7 p.
- ISUSA (2008). Sulfato de amonio, ficha de datos de seguridad, Industria Sulfurica S. A. San José Uruguay, 10 p.
- Liu, S., Zang, X. & Sun, G. (2011). Changes in endogenous hormone concentrations during inflorescence induction and development in pineapple (*Ananas comosus* cv.

Smooth Cayenne) by Ethephón. African Journal of Biotechnology Vol. 10(53), pp. 10892-10899, 14 September, Madrid, España, Ediciones Mundi-Prensa. 104 p.

Martínez, A., Uriza, D., & Aguirre G. (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.

Mata, I; & Mosqueda, R. (1998). La producción del mango en México. México, Limusa. 160 p.

Monzón, O. (2004). Diseño de la carretera hacia la aldea San Gregorio, Catarina, San Marcos. Tesis Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería.

Montenegro G. (2010) Efecto y momento oportuno en la aplicación de diferentes dosis de carburo de calcio como inductor floral en el cultivo de piña cultivar Golden MD-2. Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de San Martín, Facultad de Ciencias Agrarias, Tarapoto, Perú.

Núñez, E; Becerril, A. & Martínez, A. (1980). Efectos del ethrel sobre la floración en mango (*Mangifera indica* L.) cultivar Haden. Chapingo, Nueva Época. 7 p.

Oirsa (1999). Manual del cultivo de la piña. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria, OIRSA, Guatemala.

Pac, J. (2005). Experiencias en el cultivo de la piña (*Annanas comosus* (L) Merr., con el híbrido MD-2 en finca la plata, Coatepeque, Quetzaltenango. Tesis Ing. Agr. FAUSAC, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Peña, A., Díaz, J., & Martínez T. (1996). Fruticultura Tropical. Instituto Colombiano Para La Educación Superior Colombia ed. Félix Varela. P. 232.

Peña, H; Días, J. & Martínez, T. (1996). Fruticultura Tropical Primera Parte: piña y mango. Bogotá. 234 p.

- Porres, M; Rivera, S. (1984). Cultivo de la piña. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. p. 3.
- PROFRUTA (1995). El cultivo de mango. Proyecto de Desarrollo de la Fruticultura y la Agroindustria, GT. Guatemala. 20 p.
- PROFRUTA (Proyecto de Frutales, GT). (1993). Estudio sobre el cultivo de la piña en Guatemala. Guatemala. 55 p.
- Py, C. (1969). La Piña Tropical. 1ª ed. Barcelona, España. Editorial Blume. 278 p.
- Quiroz (1989). Efecto de diferentes productos comerciales (Ethrel, phymone y carburo de calcio) sobre la inducción de floración en piña (*Ananas comosus*) Cayena Lisa, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Santa Carlos, Costa Rica.
- Reinhardt, D., Medina V., Correa C, Cunha, G. & Herrera R. (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.
- Rojas, N. (1998). Zonificación agroecológica para el cultivo de piña (*Ananas comosus*, Merr), en Costa Rica. Tesis Ing. Agr. Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, Escuela de Economía Agrícola. 106 p.
- Salas, R. (2003). Nutrición mineral de plantas y el uso de fertilizantes. In Meléndez, G. y Molina, E. (eds) Fertilizantes: características y manejo: memorias. Julio 18-19.
- Scott, C. (1997). The effect of two plant growth regulators on the inhibition of precocious fruiting in pineapple. Acta Hort. (ISHS), 334: 77-82.
- Simmons, C; Tarano, J., & Pinto, J. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado-Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. p. 457-459.

Van, B., Ceusters, J., & De Proft, M. (2009). Determination of pineapple (*Ananas comosus*, MD-2 hybrid cultivar) plant maturity, the efficiency of flowering induction agents and the use of activated carbon. *Sci Hort.*, 120(1): 58-63.

Wareing, P. & Phillips, I. (1981). *Growth and differentiation in plants*. 3rd. Edition. Oxford: Pergamon Press, 1981. 303 p.

Yudini, R. (2009). *Primera Conferencia Internacional sobre Manejo Poscosecha y de la Calidad de Productos Hortícolas de Interés para las Regiones Tropicales: Visión de los Estados Unidos respecto a la calidad de los productos hortícolas (memoria de Conferencia)*. San José, C.R

11. ANEXOS

Análisis estadístico diseño bifactorial combinatorio

Variable: Homogeneidad de floración en piña 22 días después de inducción.

Repeticiones

A	B	I	II	III
1	1	1.5637	1.5637	1.5637
1	2	1.5637	1.5637	1.5637
1	3	1.5585	1.5637	1.5585
1	4	1.5637	1.5549	1.5585
1	5	1.5585	1.0000	1.5637
2	1	1.5637	1.5637	1.5637
2	2	1.5637	1.5585	1.5637
2	3	1.5637	1.5637	1.5585
2	4	1.5585	1.5637	1.5637
2	5	1.5585	1.5637	1.5585
3	1	1.5637	1.5637	1.5637
3	2	1.5637	1.5637	1.5637
3	3	1.5637	1.5585	1.5637
3	4	1.5549	1.5637	1.5585
3	5	1.5585	1.5637	1.5585

Datos transformados = $\sqrt{\%+0.5}$

Variable: Homogeneidad de floración en piña 44 días después de inducción

		Repeticiones		
A	B	I	II	III
1	1	0.7071	0.7071	0.7071
1	2	6.7454	6.8920	6.6708
1	3	6.9642	7.1063	7.0356
1	4	8.5732	8.5732	8.6313
1	5	8.2158	8.0932	8.0312
2	1	0.7071	0.7071	0.7071
2	2	5.5227	5.8737	5.7009
2	3	5.3385	5.1478	5.5227
2	4	7.5167	7.6485	7.8422
2	5	7.0356	6.8920	6.1237
3	1	0.7071	0.7071	0.7071
3	2	6.9642	6.7454	6.5954
3	3	6.7454	6.6708	6.8920
3	4	8.0932	8.0312	8.0932
3	5	7.3824	7.5829	7.7136

Datos transformados = $\sqrt{\%+0.5}$

A	B	MEDIA
1	1	1.567300
1	2	1.503000
1	3	1.500333
1	4	1.484700
1	5	1.489533
2	1	1.563700
2	2	1.513733
2	3	1.517367
2	4	1.493967
2	5	1.503867
3	1	1.563700
3	2	1.503000
3	3	1.503000
3	4	1.326700
3	5	1.495067

TRATAMIENTO	MEDIA	
1	1.5649	A
3	1.5069	AB
2	1.5066	AB
5	1.4962	AB
4	1.4351	B

TUKEY = 0.1016

Variable: Peso kg en frutos de piña

B L O Q U E S				
A	B	I	II	III
1	1	0.7071	0.7071	0.7071
1	2	50.1111	52.0516	52.8987
1	3	47.7925	51.8574	52.4137
1	4	51.0979	53.0118	52.7376
1	5	50.7860	51.6136	52.1967
2	1	0.7071	0.7071	0.7071
2	2	48.6599	50.0758	51.4852
2	3	51.0662	52.2450	52.7376
2	4	51.8226	53.3439	52.9523
2	5	49.3875	78.4520	54.0134
3	1	0.7071	0.7071	0.7071
3	2	46.9297	49.8044	55.8218
3	3	48.1238	51.2643	52.7913
3	4	51.1534	51.4300	53.1662
3	5	52.1967	51.5403	53.3793

Datos transformados = $\sqrt{\%+0.5}$

A	B	Media
1	1	0.707100
1	2	51.687134
1	3	50.687866
1	4	52.282429
1	5	51.532101
2	1	0.707100
2	2	50.073635
2	3	52.016266
2	4	52.706268
2	5	60.617634
3	1	0.707100
3	2	50.851971
3	3	50.726467
3	4	51.916534
3	5	52.372101

(Figura 8) Rotulación de la Parcela Experimental.



(Figura 9) Preparación de mezcla de Ethephón mas fuentes nitrogenadas para aplicación de inducción floral.



(Figura 10) Productos utilizados para la aplicación de inducción floral.



Ethrel® 48 SL (0.24% Ingrediente Activo)



Urea (46% N)



Nitrato de Amonio (21% N)



Nitrato de Potasio (13% N)

(Figura 11) Aplicación de Ethephón mas fuentes nitrogenadas.



(Figura 12) Cosecha.



(Figura 13) Pesado del fruto.

