

1. INTRODUCCIÓN

La piña es un cultivo no tradicional, el cual tiene potencial de desarrollo en Guatemala. En los últimos años ha tomado un gran auge debido a su alta rentabilidad. Por ello, tanto el sector público como el privado han estado muy interesados en mejorar las técnicas de producción, para así fomentar su diversificación y además, poder competir en el mercado internacional.

(Secretaria General de Planificación Económica de Guatemala, 1994).

El ciclo fenológico natural de la piña tarda de veinticuatro a treinta y seis meses y su producción se obtiene en forma escalonada, por ello, una práctica de mucha importancia en este cultivo es la aplicación de hormonas, la cual se realiza para inducir la floración y maduración del fruto.

El objetivo de madurar artificialmente la fruta es el de uniformizar la madurez externa con la interna, ya que la maduración interna ocurre antes que la externa (10).

En Guatemala existe el problema de que se utiliza muy baja tecnología en este cultivo, por lo que no se han hecho muchos estudios acerca de la aplicación de hormonas para la maduración. En países como: Costa Rica, Ecuador y Honduras que son productores y exportadores, ésta es una practica común (3).

Para la inducción floral y maduración del fruto de piña la sustancia más utilizada es el ácido 2-cloroetilfosfónico (14).

Con la presente investigación se logró determinar una combinación adecuada de etephon y ácido fosfórico que permitiera obtener una mayor cantidad de frutos comerciables de piña (Ananas comosus L. Merr.) var. Champaka, bajo las condiciones edafoclimáticas de la finca San Antonio, Guanagazapa, departamento de Escuintla.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En el cultivo de la piña (Ananas comosus L. Merr), uno de los principales problemas se da en la etapa de la cosecha, debido a que las frutas presentan una maduración heterogénea provocando una serie de inconvenientes como la disponibilidad reducida de fruta en condiciones aptas para cortarse, lo cual incrementa la mano de obra. Según Jiménez (1996) se puede dar un incremento de 2 a 5% de rechazo por maduración heterogénea causando pérdidas debido a que ya no se pueden comercializar estos frutos, los cuales se pierden en el campo. También como efecto secundario debido al tránsito frecuente de personas dentro de la plantación provoca lesiones y destrucción parcial de las plantas, afectando el rendimiento en la segunda cosecha y la proliferación de enfermedades.

Las condiciones actuales del mercado externo de la piña y la introducción de nuevas variedades, ha dado como resultado nuevos estándares de exportación.

Por lo anteriormente expuesto, se hace necesaria la búsqueda de alternativas que permitan obtener una maduración homogénea en la fruta; con lo cual se favorece: la cosecha de la fruta en una sola fase, la calendarización de cosechas, el embarque de fruta y cumplir con los estándares de calidad de fruta para exportación. Por esta razón, es imperante investigar las aplicaciones de etephon en combinación con ácido fosfórico en diferentes dosis para uniformizar la maduración de la fruta de piña.

Debido a las demandas del mercado internacional la piña tiene que cumplir con ciertos estándares de calidad para poder ser comercializada; razón por la cual, las plantaciones que se dedican a la producción de piña para exportación se ven obligadas a obtener cosechas o frutas que cumplan una homogeneidad de ciertos requerimientos; como lo son: la cantidad de azúcares que se mide en grados brix, la maduración o color externo de la fruta y la translucidez que es el nivel de maduración interna.

Para poder cumplir con los requerimientos de calidad que exige el mercado internacional, se hace necesario el realizar estudios a nivel de plantaciones comerciales, de combinaciones de etephon y ácido fosfórico, para obtener cosechas mas homogéneas y con las calidades que se necesitan para exportar.

3. MARCO TEORICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 La piña y su origen

Según Leal (1989), la piña es originaria de América del Sur, del centro y sureste de Brasil y noreste de Argentina y Paraguay (11).

El origen de esta planta se determinó por el hallazgo de varias especies de Ananas en estado silvestre en estas zonas, y cada una de ellas en los medios que le son favorables (14).

3.1.2 Descripción Taxonómica

Orden: Bromeliales

Familia: Bromeliáceas

Género: Ananas

Especie: comosus

3.1.3 Descripción botánica

La planta de piña es, herbácea perenne, monocotiledónea, puede alcanzar una altura de 90 centímetros y extenderse lateralmente de 120 a 150 centímetros en su segundo año de fructificación, si la distancia de la plantación y las prácticas culturales permiten que se desarrolle sin obstáculos (5).

El tallo central se continúa en el pedúnculo floral, luego en el eje central de la inflorescencia, con lo cual forma una sola masa, para terminar en el ápice en una corona de hojas (12).

La inflorescencia contiene de 100 a 200 flores dispuestas en espiral, fusionadas entre sí y con el tallo central, que dan origen a un fruto partenocárpico (fruto en cual se presenta el fenómeno a favor del cual se forman frutos sin previa fecundación; los rudimentos seminales, por consiguiente

nos se transforman en semillas o bien dan simillas estériles) del cual la cáscara está formada por los sépalos y brácteas de la flor (6).

El sistema radical de la planta de piña es muy superficial, generalmente las raíces se localizan en la capa de los 1.15 m. superiores al suelo, aunque puede profundizarse 0.60 m. o más (14).

3.1.4 Materiales Genéticos

El instituto de investigaciones de la piña durante muchos años se dedicó a la investigación y desarrollo de nuevas opciones para el mejoramiento del cultivo de la piña en Hawai. Uno de sus grandes logros fue la selección de clones de Cayena Lisa para el desarrollo de híbridos. (10),

Entre las variedades y clones más utilizados actualmente en plantaciones comerciales que se dedican a exportar, se encuentran las variedades Cayena Lisa, Champaka y el híbrido MD-2. (10).

3.1.5 Requerimientos agroclimáticos

El mejor clima para el cultivo de la piña es el tropical (16).

A. Elevación

Su cultivo se puede realizar en lugares situados desde el nivel del mar hasta los 1,200 metros, pero se considera apto desde 300 a 900 msnm (16).

B. Precipitación

El sistema radicular de la piña tiende a ser tan superficial que probablemente obtiene poca agua de las capas más profundas del suelo, aún cuando esté bien aireado hasta esa profundidad (5).

El cultivo de la piña requiere una precipitación pluvial media anual ente 1500 y 3500 mm (16).

No obstante, cuando la piña se cultiva bajo regímenes de mucha precipitación, la calidad del fruto es menor (1).

C. Temperatura

Se ha comprobado que la parte superior de las hojas sufre grandes daños cuando la temperatura de la atmósfera baja a 0 grados centígrados (5).

La temperatura media anual, bajo la cual se lleva a cabo un adecuado crecimiento activo de la plantación, oscila entre 23 y 30 grados, con óptimo de 27 grados centígrados (16).

D. Luminosidad

Según Hidalgo, citado por Chavarría (1996), La luminosidad es factor importante en el rendimiento de ananas, puesto que se ha comprobado que la disminución de los rayos solares en un 20% disminuye el rendimiento en un 10%, lo cual está en relación con la síntesis de carbohidratos y con la utilización de nitrógeno por la planta.

El número de horas brillo solar por año, requisito para obtener buenos rendimientos en piña, debe superar 1,200 horas luz, considerando como óptimo más de 1,500 horas luz anuales (16).

E. Viento

El viento fuerte prolongado causa menor crecimiento de las plantas y provoca movimiento en las hojas que se hieren entre sí; estas roturas son fuente propicia para la entrada de patógenos (4).

F. Suelos

El suelo ideal para la producción de un sistema radicular sano en la piña es un migajón arenoso. Sin embargo, se pueden obtener buenas cosechas en muchas clases de suelo, incluidos los húmedos y pesados, siempre que estén bien drenados y aireados hasta la profundidad adecuada para las raíces superficiales de la piña (5).

Su establecimiento se debe limitar a suelos de topografía uniforme, planos o con cierta pendiente (1 a 15 %); pendientes menores de 5% en suelos con drenaje deficiente no son aptos para el cultivo de piña. El suelo debe ser suelto, permeable, con una profundidad mayor a 0.5

metros, presentar buen drenaje y textura media, franco arcilloso y arcillo arenoso, con fertilidad media a alta, bien aireados y pH entre 4.5 y 5.8 (16).

3.1.6 Estándares de exportación de piña

Para la exportación las frutas de piña se deben de cumplir con una serie de estándares de calidad, que son demandados por los mercados importadores (17).

El concepto de calidad en piña, esta dado por las exigencias del consumidor, en donde las características internas como las externas , condicionan que la fruta sea rechazada o no para exportarla, sí no cumple con los estándares de exportación es considerada como rechazo, lo cual se transforma en perdidas (17).

Según Jiménez (1,996) los estándares de calidad para exportación para la piña son los siguientes: el color o madurez externa de la fruta, la cual se define como el porcentaje de cáscara de la fruta que muestra color amarillo, el porcentaje de la cáscara con color amarillo ideal para exportación se encuentra entre los rangos de 13% al 37%, lo que corresponde a una coloración 2 (ver figura 6), la translucidez o coloración interna de la pulpa de la fruta, esta se debe encontrar entre un 0% a 37% de translucidez (ver figura 7), la longitud de corona, la cual no debe exceder 1 ½ veces la longitud de la fruta, la porosidad de la fruta, la cual es una evaluación subjetiva de la densidad de la fruta, apariencia de la corona, la cual debe ser firme y de color verde, apariencia de la cáscara, la cantidad de azúcares expresados en grados brix, los cuales deben de estar entre los rangos de 13 a 16 grados y el tamaño de la fruta la cual se establece a través del peso de la fruta, esta se debe encontrar entre un rango de 1.7 a 4.0 kg. de peso.

3.1.7 REGULADORES DE CRECIMIENTO

Los experimentos sobre hormonas vegetales se iniciaron a fines de 1919 y principios de 1920. A mediados de la década de 1930 a 1940 hubo quienes condujeron tal experimentación en sentido tecnológico, ya que se aplicaron las auxinas a la horticultura y desde esos años la tecnología de hormonas se dividió en dos grandes ramas: por una parte éstas se utilizaron para regular fenómenos particulares del desarrollo y por la otra se quisieron usar como estimulantes del desarrollo general de la planta (15).

Según Bohinski, las sustancias reguladoras de crecimiento u hormonas desempeñan un papel importante en el crecimiento y desarrollo de los vegetales; hace mucho tiempo se hizo una famosa observación que dice: “sin sustancias de crecimiento no hay crecimiento” (2).

La importancia de los reguladores de crecimiento fue conocida en la década de 1930. Como resultado de una extensa labor de investigación se ha logrado descubrir compuestos naturales y sintéticos como una valiosa ayuda en la agricultura (15).

Estos compuestos facilitan el desarrollo de los cultivos en mayores áreas, influyendo en la expansión fenotípica, mantienen o mejoran la calidad, aumentando la producción, facilitando la cosecha y preservando los alimentos (17).

Los reguladores de crecimiento más utilizados tienen moléculas iguales o muy similares a las hormonas naturales, por lo que se consideran hormonas sintéticas. La acción de los reguladores de crecimiento es la misma o muy similares a la de las hormonas naturales; existen réplicas sintéticas de los principales grupos (15).

Investigaciones acerca de las sustancias naturales de crecimiento, revelan gradualmente los mecanismos de control hormonal del crecimiento y desarrollo de las plantas. Tanto estudios experimentales como los resultados de investigaciones básicas, han recomendado el empleo de

sustancias sintéticas de crecimiento en la agricultura, donde adquieren una importancia similar a la de los pesticidas y fungicidas (19).

En la actualidad, los reguladores de las plantas se utilizan ampliamente en el control de malas hierbas, en el desarrollo de frutos, defoliación, maduración de los frutos y control del tamaño (19).

Los reguladores de las plantas se definen como compuestos orgánicos diferentes de los nutrientes que en pequeñas cantidades modifican de alguna o otra forma cualquier proceso fisiológico vegetal. (19).

El termino regulador debe utilizarse a productos químicos agrícolas que se utilicen para controlar cultivos. (19).

Según Castro y Hernández citado por González (1995), el uso de reguladores de crecimiento en el cultivo de la piña es de gran importancia ya que nos permite (9).

- a) Alcanzar la floración en todas las plantas a la vez, en las fechas deseadas, permitiendo la uniformidad, desarrollo y cosecha del fruto en menos tiempo.
- b) Planificar la época de cosecha, dependiendo de las exigencias del mercado para obtener precios y una mayor rentabilidad. Lo anterior permite hacer entregas en las fechas más oportunas a las fábricas de enlatado o para consumo en fresco.
- c) Uniformizar la maduración de los frutos, ayudando a cosechar mayor cantidad de frutos de una sola vez.

3.1.8 HORMONAS

Las hormonas vegetales se definen como sustancias orgánicas que existen en forma natural, que son activas a bajas concentraciones y translocadas de un sitio donde se producen a otro donde ejercen su acción. Por el contrario, los reguladores sintéticos son productos químicos que no se encuentran en las plantas pero que pueden tener características de reguladores de crecimiento vegetal cuando se aplican a las semillas, raíces, brotes ó frutos (15).

Aunque las sustancias naturales del crecimiento (endógenas), controlan normalmente el desarrollo de las plantas, puede modificarse el crecimiento mediante la aplicación de sustancias exógenas. Se ha encontrado que determinados compuestos químicos orgánicos aplicados a plantas de piña, estimulan la floración y uniformizan la cosecha en éste y otros cultivos (13).

En la actualidad, se reconocen cuatro tipos generales de hormonas de las plantas: auxinas, giberelinas, citocininas e inhibidores. También se han reconocido las propiedades hormonales del etileno (19).

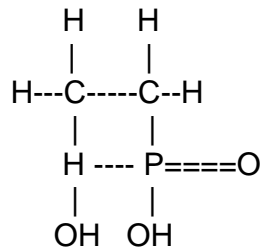
3.1.9 ETILENO

El etileno es un gas altamente volátil, relativamente no reactivo que como hormona es producida por todas las plantas. Tiene profundos efectos en cada una de las fases de crecimiento y desarrollo de las plantas. Originalmente se detectó en el gas de iluminación y se demostró que lograba cambiar el color verde de los cítricos, lo que era un problema de importancia práctica. El etileno, pues, ha sido un tema de gran importancia para el estudio de la fisiología postcosecha (15).

El Etileno está ligado a los procesos relacionados con la actividad meristemática (inducción floral en piña) y a la senescencia. Es responsable de inducción en frutas como el tomate y la piña (3).

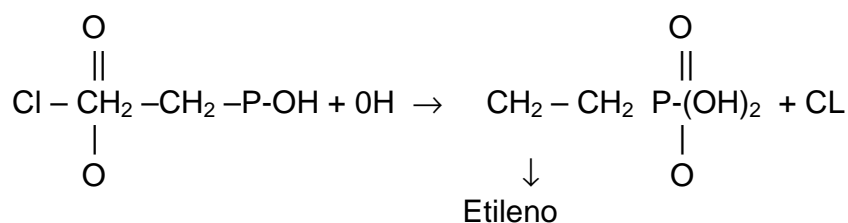
Etephon es el nombre común del ácido 2-cloroetilfosfónico que es un regulador de crecimiento que causa múltiples efectos en la fisiología de las plantas. Está clasificado dentro de los inhibidores del crecimiento y liberador de etileno. Sus principales efectos sobre la planta son: epinastia, iniciación de raíces, estimulación de la madurez en frutas, defoliación y otros efectos parecidos a los obtenidos en el etileno (13).

Cooke y Randall (1968), indican que el etephon es una mezcla del ácido 2-cloroetanofosfórico y el éster mono-2-cloroetilfosfórico. Su fórmula química empírica es $C_2H_3ClO_2P$ y su fórmula estructural:



Este ácido permanece estable a pH bajos (menores que 4), y al entrar en los tejidos de la planta, debido a que el protoplasma de la célula tiene un pH mayor que cuatro (se produce una reacción de catálisis alcalina), es degradado con la consiguiente liberación de etileno, que es el responsable de toda actividad biológica (7).

La reacción es la siguiente:



El etephon ejerce sus efectos liberando gradualmente etileno como producto de descomposición. Así, el etephon ofrece un medio para tratar con etileno las plantas, ya que su efecto es similar a los ejercidos en la floración, maduración de frutos y abscisión (13).

3.1.10 MADURACION

Maduración como tal, es el momento en que la fruta ha alcanzado el máximo desarrollo de su sabor, color de pulpa y cáscara. Sin embargo en el caso de la piña, el término se refiere al cambio de color de cáscara por medios artificiales (17).

Jiménez (1996), indica que el objetivo de madurar artificialmente la fruta de piña es el de uniformar la madurez externa con la interna; ya que la maduración interna ocurre antes que la externa.

A pesar del hecho de que el proceso de inducción floral sincroniza la diferenciación en todas las plantas tratadas, todas las frutas en cualquier plantación no alcanzaran el mismo grado de madurez en el mismo tiempo. Esto se debe a la diferencia de pesos en las frutas. Una fruta grande madura más rápido, aunque el cambio del color en la cáscara sea posterior a la maduración interna del fruto (14).

El tiempo de cosecha se puede acortar mediante el proceso de maduración externa de la fruta, mediante la utilización de etileno(14).

El efecto del etileno en el proceso de maduración en piña se ha sabido desde hace mucho, pero la aplicación práctica no había sido posible hasta el apareamiento del ácido 2-cloroetilfosfónico ó etephon, que es un generador sintético de etileno que es utilizado para varios tipos de frutas (14).

El etephon, que interviene en la maduración fisiológica de muchas frutas, especialmente las climatéricas, también es el causante de la inhibición de la clorofila en las cáscaras de la piña,

incrementado la velocidad y homogeneidad del proceso de maduración externa desde la base del fruto hasta la cima. El etephon también promueve la síntesis de los pigmentos de la cáscara los cuales tienen la característica de tener un color anaranjado rojizo (14).

Los frutos que han sido tratados con etephon son fácilmente reconocidos por la homogeneidad de la coloración de la cáscara y también por el hecho de que al principio una coloración amarillenta aparece en el centro de los frutículos (14).

El etileno presente en etephon se libera al contacto con el agua, por lo que la solución debe usarse inmediatamente después de hecha. El etileno se libera cuando el pH es 4. Por lo que es importante acidificar la solución para evitar un desprendimiento violento en la operación de maduración de la piña (14).

Se recomienda estabilizar la solución con la adición de ácido para obtener un pH de 2 (10).

Los factores que intervienen en el proceso de la maduración de la piña son: aumento en la tasa de respiración, cambio en la coloración de la cáscara debido a la degradación de la clorofila que permite la manifestación de los carotenos, la acidez tiende a disminuir, los volátiles (ésteres, aldehídos y alcoholes) llegan a su nivel óptimo y la pigmentación aumenta (10).

La coloración de la piel es habitualmente lo que sirve de indicación para juzgar si una piña está madura o no, pues, por ser el fruto el resultado de la coalescencia de las bayas o pequeños frutos individuales que lo componen, la madurez de la pulpa y su coloración externa se producen progresivamente. Una y otra comienzan por la base del fruto y luego se van extendiendo por él hasta llegar a la cima (14).

Según Py (1987) para un mismo grado de maduración de la pulpa y por tanto de la madurez real del fruto, la coloración de la cáscara varía sensiblemente según sea:

El peso del fruto

Las características ecológicas en el momento de la maduración

El cultivar

Lo voluminoso que sea el fruto

Ambiente.

Jiménez (1996) indica que el momento óptimo para la maduración con etephon se acerca a los 154 días después de la inducción floral, cuando los niveles de grados brix oscilan entre 10 a 12 grados y la translucidez esta entre los niveles 1 y 2.

Para la determinación de los grados brix y la translucidez antes de madurar un lote se toman 3 frutas de los tres tamaños que se encuentran en mayor porcentaje, por lo que se toman 9 frutas de las bordas y drenajes y 9 frutas de los centros. Las frutas de los bordes se adelantan en su maduración fisiológica. A cada fruta se le evalúa el color externo, los grados brix con un refractómetro; y la traslucidez partiendo la fruta (10).

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 Localización del área de trabajo

La investigación se llevó a cabo en la finca San Antonio, aldea la Unión, Guanagazapa, Escuintla. La finca se encuentra a 97 kilómetros de la Ciudad Capital a una elevación promedio de 325 metros sobre el nivel del mar. Esta ubicada entre las coordenadas de $14^{\circ} 15' 9''$ Latitud norte y $90^{\circ} 35' 1''$ Longitud oeste (Figura 1).

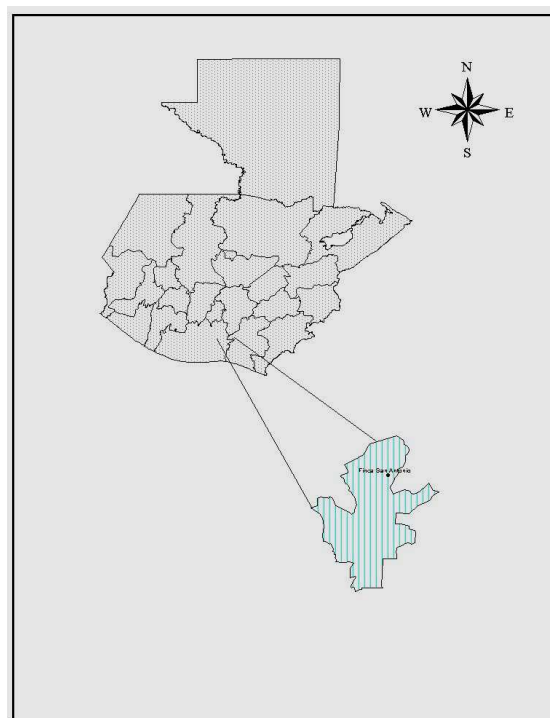


Figura 1. Localización del área de estudio

3.2.2 Clima

Según de la CRUZ, J.R. reporta que el lugar pertenece a la zona de vida: Bosque Muy Húmedo Subtropical (cálido). Con una precipitación anual promedio de 3,284 mm, siendo una

temperatura media anual entre 21 y 25 grados centígrados y una relación de evapotranspiración potencial de 0.45. En cuanto a la topografía de la finca es de relieve ondulado (8).

3.2.3 Suelos

Según Simmons **et al.** (1959), los suelos de esta área se clasifican entre los suelos de la serie Taxisco, caracterizados por ser suelos profundos, bien drenados, desarrollados sobre lodo volcánico de color claro que tiene algunas rocas máficas, en un clima cálido, húmedo-seco, ocupan pendientes moderadas a altitudes bajas. Están asociados con los suelos Torolita, Cuilapa y Barberena, pero son más pedregosos que Torolita, tienen menos material máfico que los Cuilapa y se encuentran en elevaciones más bajas y son más rojos que los Barberena (18).

3.2.4 Variedad Champaka F-153

Esta variedad fue originalmente recolectada por la corporación de empaque filipina (PPC) por sus siglas en inglés, en la India. En 1934, el Instituto de investigación de la piña recibió un embarque de 10 retoños de hoja lisa etiquetado "Champaka", proveniente de la PPC, al que se le asignó el número F-153. Hoy en día a esta variedad se le conoce como Champaka F-153 o simplemente Champaka (10).

Esta variedad ha demostrado a través de ensayos y estudios de desempeño en el campo ser consistentemente mejor que la anterior variedad de Cayena lisa (10). Además se ha caracterizado por ser una planta más vigorosa, el color de la planta es verde oscuro y es poco productora de semilla, lo cual hace que desarrolle un mejor fruto de ojos grandes. El fruto alcanza un promedio de 2 kg a los 15 meses. Su rendimiento en cajas de exportación es hasta un 10% más que la Cayena lisa (17).

4. OBJETIVOS

4.1 General

Evaluar cuatro dosis de etephon combinado con cuatro dosis de ácido fosfórico en dos diferentes épocas para la maduración en piña de exportación (Ananas comosus L. Merr.) var. Champaka bajo las condiciones de la Finca San Antonio, Guanagazapa, Escuintla.

4.2 Específicos

- 4.2.1 Determinar el mejor efecto de las diferentes combinaciones de etephon y ácido fosfórico y la época de aplicación en el porcentaje de maduración de la piña a los 5 y 7 días.
- 4.2.2 Comprobar el efecto de las diferentes combinaciones de etephon y ácido fosfórico en el contenido de azúcares de la piña expresados en grados brix.
- 4.2.3 Establecer el efecto de las diferentes combinaciones de etephon y ácido fosfórico en el rendimiento de la piña expresados en número de cajas/ha.

5. HIPÓTESIS

- 5.1 El porcentaje de maduración de la piña, se verá influenciado por la época de aplicación de las diferentes dosis de etephon y ácido fosfórico (época seca y época lluviosa).
- 5.2 El contenido de grados brix en la piña, será influenciado por las diferentes dosis de etephon y ácido fosfórico y épocas de aplicación.
- 5.3 El rendimiento expresado en número cajas/ha aptas para exportación, serán influenciadas por las diferentes dosis de etephon y ácido fosfórico y por las épocas de aplicación.

6. METODOLOGÍA

6.1 Selección del área experimental

El área seleccionada para la investigación ya estaba sembrada con piña de la variedad Champaka , la misma se encontraba en primera cosecha y contaba con 150 días de haberle aplicado etileno para inducir la floración.

A esta área se le tomaron tres frutas de los tres tamaños que se encontraron en mayor porcentaje en el área, escogiendo 9 frutas de los bordes y 9 de los centros y se les realizó un chequeo de pre-maduración a cada fruta; este chequeo consistió en tomarles los grados brix con el refractómetro de mano, los grados de translucidez comparándolos con la tabla de translucidez (ver figura 7 A).

Posteriormente se procedió a limitar cada área mediante la utilización de cinta métrica, machete, pita nylon, estacas de madera y banderines.

El área total que cubrió el experimento fue de 576 metros cuadrados (0.0576 Has.) el terreno contó con una pendiente del 2%.

6.2 FACTORES EN ESTUDIO

En el experimento se evaluaron tres factores.

Factor E = dosis de etephon (se evaluaron cuatro dosis).

Factor A = dosis de ácido fosfórico (se evaluaron cuatro dosis).

Factor C = Época (el experimento se repitió en el tiempo).

El factor E y el factor A se aplicaron en forma simultánea, debido a que el etephon es inestable a pH mayores que 4, por lo que al mezclarlo con ácido fosfórico se pretendió mantener la solución por debajo de este valor y así mejorar los efectos del etephon con respecto a la maduración.

6.3 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Debido a que se evaluaron cuatro dosis de etephon y cuatro dosis de ácido fosfórico se formaron 16 tratamientos los cuales se describen en el cuadro 1.

Cuadro 1. Total de tratamientos de las diferentes combinaciones de etephon y ácido fosfórico.

Tratamiento	Nomenclatura	Lts de Etephon/ ha	Lts de ácido fosfórico/ha
T1	E1A1	1.18	2.36
T2	E1 A2	1.18	3.07
T3	E1 A3	1.18	4.02
T4	E1 A4	1.18	5.91
T5	E2 A1	2.83	2.36
TESTIGO * T6	E2 A2	2.83	3.07
T7	E2 A3	2.83	4.02
T8	E2 A4	2.83	5.91
T9	E3 A1	3.54	2.36
T10	E3 A2	3.54	3.07
T11	E3 A3	3.54	4.02
T12	E3 A4	3.54	5.91
T13	E4 A1	4.49	2.36
T14	E4 A2	4.49	3.07
T15	E4 A3	4.49	4.02
T16	E4 A4	4.49	5.91

* Tratamiento que se utiliza en la finca ó tratamiento testigo.

6.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

Debido a que en el área se encontraba una misma gradiente de pendiente se trabajó con un diseño en bloques al azar, con arreglo combinatorio. El ensayo estuvo compuesto de 16 tratamientos y dos repeticiones, el total de unidades experimentales fueron 64.

El experimento se repitió en el tiempo (época seca = Noviembre a Abril y época lluviosa = Mayo a Octubre).

6.5 UNIDAD EXPERIMENTAL

Cada unidad experimental estuvo compuesta por una parcela bruta de 3 m de largo x 3 m de ancho con un área de 9 metros cuadrados y un total de 60 plantas (ver figura 2), y una parcela neta de 1.12 m x 2.4 m con un área de 2.90 metros cuadrados y un total de 16 frutas estudiadas.

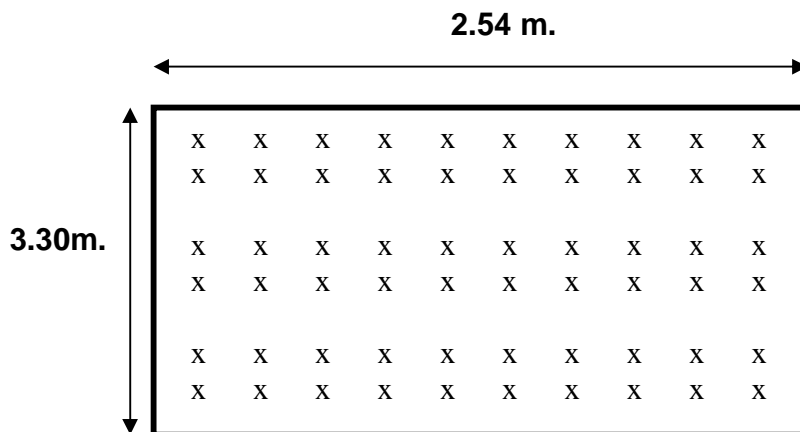


Figura 2. Dimensiones de la parcela bruta.

La parcela bruta estuvo compuesta de 2.54 metros de largo por 3 metros de ancho compuesta de 3 camas con distancias entre plantas de 0.254 m., entre hileras 0.40 m. y entre camas 1.10 m.

La parcela neta estuvo compuesta de un área de 2.0320 metros cuadrados y un total de 16 frutas estudiadas, se dejó una cama a lo largo y una hilera a lo ancho de cada lado que corresponde a 1.10 m y 0.254 m respectivamente como libre borda (ver figura 3).

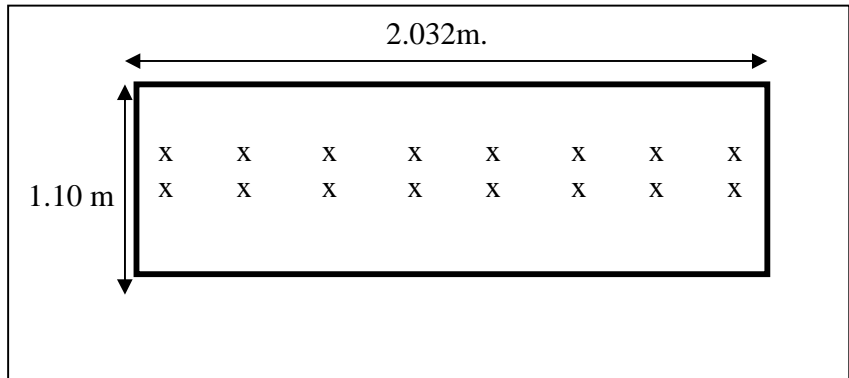


Figura 3. Dimensiones de la parcela neta.

6.6 Aleatorización de los tratamientos

Los tratamientos fueron distribuidos en forma aleatoria de la siguiente manera (Figura 4).

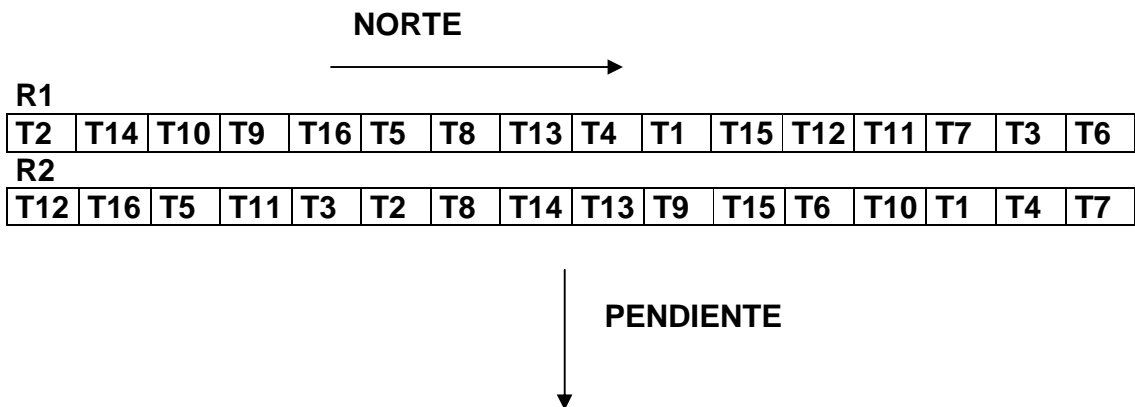


Figura 4. Distribución de los tratamientos.

6.7 Preparación y aplicación de los tratamientos

Los tratamientos se aplicaron con una bomba de espalda de 16 litros siguiendo el procedimiento que a continuación se describe: a) se calibró la bomba con agua para lograr una buena aplicación, b) se llenó la mitad de la bomba con agua limpia a la cual se le midió el pH, c) se agregó la dosis de etephon y se mezcló constantemente, d) se agregó la dosis de ácido fosfórico (bajar el pH), e) posteriormente se procedió a llenar la bomba con agua y se midió el pH a la solución.

Los tratamientos se aplicaron directamente a las piñas empezando desde la base de las mismas hasta el inicio de la corona. Para evitar la contaminación de los tratamientos se colocó una campana de plástico en la boquilla de la bomba de espalda.

6.8 MANEJO AGRONÓMICO DEL EXPERIMENTO

6.8.1 ELIMINACIÓN DE PLANTACIÓN

Al terminar el último ciclo de la plantación anterior, se aplica un herbicida de contacto no selectivo a razón de 10 litros por hectárea, con el objetivo de secar todo el follaje de las plantas esto se logra a los 30 días de haberse realizado la aplicación del herbicida. Posteriormente se procede a quemar la plantación con dos objetivos primordiales:

- A. Eliminación del follaje
- B. Control de Plagas.

6.8.2 PREPARACIÓN DE SUELOS

La preparación del Suelos es de gran importancia para esta planta, que cuenta con un sistema radicular frágil y superficial en gran parte.

- A. Se realizan varias pasadas de rastra en forma cruzada una a otra, con el fin de lograr una mejor incorporación de los rastrojos.
- B. Posteriormente se procede a dar una pasada de arado y una de rastra con el objetivo de voltear, nivelar y afinar el terreno.
- C. Encamado: La formación de camas se hace mecánicamente mediante el uso de una encamadora. Las camas tienen las siguientes medidas:

Ancho: 0.6 m.

Profundidad: 0.2 m.

Distancia entre camas: 0.7m

Distancia de centro a centro de cama: 1.10 m.

6.8.3 DRENAJES

Esta medida se toma para eliminar el exceso de agua que causa erosión y prevenir estancamientos de aguas que afectan al cultivo. La distancia de los drenajes depende de la pendiente y el tipo de suelos en que se encuentra la plantación, para el caso de la finca en donde se realizará el estudio la distancia entre drenajes es de 30 metros.

6.8.4 SIEMBRA

Las densidades en las plantaciones comerciales que se dedican a producir piña para exportación oscilan entre 35,000 a 78,000 plantas por hectárea, estas dependen de las condiciones edáficas y climáticas que se tengan en el lugar. En la finca donde se realizará el experimento utilizan una densidad de siembra de 68,600 plantas por hectárea. Esto se logra sembrando a doble hilera a una distancia de 0.30 m entre plantas, 0.40 m entre hileras y 1.12 m entre dobles hileras.

6.8.5 FERTILIZACIÓN

Para obtener dos cosechas con rendimientos de 293 toneladas métricas brutas en una hectárea de piña en la finca se aplican 1,088 Kg/ha de Nitrógeno, 49 Kg/ha de Fósforo, 653 Kg/ha de Potasio, 118 Kg/ha de Magnesio, 29 Kg/ha de Hierro y 16.8 Kg/ha de Zinc.

6.8.6 CONTROL DE MALEZAS

El control de malezas se realiza primero con una buena preparación del terreno, al desmenuzarlo bien, tendremos un mejor efecto de los herbicidas.

El control de maleza se hace de forma química, se realiza aplicando herbicidas pre-emergentes a los 15 días y a los 90 días después de haber realizado la siembra.

6.8.7 CONTROL DE PLAGAS DEL SUELO

Entre las plagas del suelo tenemos los nematodos, la gallina ciega (Phyllophoga sp.) y los sinfílicos (Seuligerellas spp. y Hanseniellas spp.). Para el control de estas plagas se utilizan nematicidas, aplicándolos a la base de la planta a los 10 días después de haber efectuado la siembra.

6.8.8 CONTROL DE PLAGAS DEL FOLLAJE

Las plagas del follaje más importantes que afectan al cultivo de piña se pueden mencionar la cochinilla harinosa (Pseudococcus breuvipes) y la tecla perteneciente a la familia lycaenidae. Para el control de estas plagas se utilizan insecticidas sistémicos.

6.8.9 CONTROL DE ENFERMEDADES

La principal enfermedad en la piña es Phytophthora spp., que es la causante de la pudrición en la planta, específicamente en el cuello del tallo raíz y fruto. Para el control de esta enfermedad se realiza un tratamiento a la semilla previo sembrarla, este tratamiento consiste en sumergir la semilla en una mezcla de Fosetyl Aluminio, Diazinon y Clorpirifos, por 2 minutos y también se realizan aplicaciones foliares preventivas con asperjadoras manuales ó mecanizadas con fosetyl aluminio a los 120 y 210 días después de la siembra.

6.8.10 INDUCCIÓN FLORAL

La floración o diferenciación es el proceso en donde la yema vegetativa cambia a productiva.

La inducción floral la podemos alcanzar en cualquier momento, después de un crecimiento normal de la planta al alcanzar un tamaño y peso determinado. En la finca la inducción floral se realiza aplicando etileno a razón de 1.93 Kg. de etileno/ha., cuando las plantas cuentan con un peso de 2.27 kilogramos.

6.8.11 COSECHA

La cosecha se realiza normalmente a los 160 días después de haber realizado la inducción floral, al cosechar las frutas para exportación, estas deben cumplir con una serie de estándares de calidad, que son demandados por los mercados importadores (10).

El concepto de calidad de piña, esta dado por las exigencias del consumidor, en donde las características internas como externas, condicionan que la fruta sea rechazada o no para exportarla, si no se cumple con los requisitos, es considerada como rechazo, lo cual se transforma en pérdidas.

La piña ideal para exportar es aquella que pese de 2 a 2.5 kg, con un porcentaje de coloración de la cáscara del 25% que corresponde a un color 2, y la concentración de los grados de azúcar expresados en grados brix que se encuentren entre un rango de 13 a 16 grados.

6.9 VARIABLES DE RESPUESTA

6.9.1 Porcentaje de maduración

De acuerdo a los estándares de calidad de piña para exportación se requiere que la piña presente un porcentaje de coloración de la cáscara del 25%, lo cual corresponde a un color número 2 (ver figura 6A). Regularmente de 5 a 7 días después de la fecha de la aplicación de los tratamientos se espera que el 75% de las piñas tratadas presente este color, por lo cual se realizó un conteo del número de frutas que presentaban esta coloración a los 5 y 7 días después de la fecha de la aplicación de los tratamientos, comparando con una tabla de coloración.

El total de piñas que presentaron coloración de las cáscara del 25%, se dividió dentro del total de piñas tratadas y se multiplicó por cien para expresarlo en porcentaje.

6.9.2 Grados Brix

Se les midió el contenido de azúcares expresados en grados brix con un refractómetro de mano tomando 16 frutas de diferentes tamaños por cada tratamiento

6.9.3 Rendimiento

Para esta variable se contaron el número de piñas que presentaban los estándares requeridos en cuanto a maduración externa para exportación a los 5 y 7 días, este resultado se dividió dentro del total de piñas tratadas y se multiplicó por el resultado de dividir 72,000 frutos que tiene una hectárea por 6 que son el número de piñas promedio que caben en una caja (unidad por la cual se exporta las piñas), para expresar el rendimiento de cada tratamiento en número de cajas exportables por hectárea.

6.10 Análisis de la información

6.10.1 Análisis Estadístico

Se revisaron los supuestos de normalidad (Prueba de Shapiro-Wilks) y de homoscedasticidad (Prueba de Hartley) previo a realizar los análisis de varianza. Fue necesario, realizar transformaciones correspondientes a las variables de respuesta debido a que no cumplieron con los supuestos de normalidad al ser revisados con la prueba de Shapiro Wilks. Para la variable de porcentaje de maduración a los 5 días y 7 días de haber aplicado los tratamientos fue necesario transformar los medias aplicándoles la función de el arcoseno de la raíz de la media dividida por cien y la variables de rendimiento de cajas por hectárea a los 5 y 7 días se transformaron utilizando la función logarítmica. Para la variable de grados brix no fue necesario realizar transformaciones ya que la variable cumplió con los supuestos de normalidad y homoscedasticidad.

Debido a que existieron diferencias significativas en el análisis de varianza para todas las variables, se sometieron a una prueba de medias de Tukey al 5%.

6.10.2 MODELO ESTADISTICO

El modelo estadístico para el diseño experimental propuesto y que sirvió para el análisis estadístico de los resultados es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + \beta_i + \alpha_j + \gamma_k + \eta_l + \alpha\gamma_{jk} + \alpha\eta_{jl} + \gamma\eta_{kl} + \alpha\gamma\eta_{jkl} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Variable de respuesta.

μ = Media general.

β_i = Efecto de i.....ésimo bloque.

α_j = Efecto de la J.....ésima dosis de etephon.

γ_k = Efecto de la K.....ésima dosis de ácido fosfórico.

η_l = Efecto de la L.....ésima época.

$\alpha\gamma_{jk}$ = Efecto de interacción etephon- ácido fosfórico.

$\alpha\eta_{jl}$ = Efecto de interacción etephon- época.

$\gamma\eta_{kl}$ = Efecto de interacción ácido fosfórico- época.

$\alpha\gamma\eta_{jkl}$ = Efecto de interacción etephon-ácido fosfórico-época.

ε_{ijkl} = Error experimental asociado a ijkl-ésima parcela.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Porcentaje de maduración a los 5 y 7 días

A los datos obtenidos en el experimento en cuanto a esta variable se les realizó un análisis de varianza, los resultados de este, se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Análisis de varianza para la variable porcentaje de maduración a los 5 días de la aplicación de los tratamientos.

Fuente	Grados de Libertad	Valor de F	Pr > F
Bloque	1	0.43	0.514
Etephon	3	8.88	0.0002*
Ac. Fosfórico	3	13.40	0.0001*
Época	1	82.46	0.0001*
Etephon* Ac. Fosfórico	9	9.56	0.0001*
Etephon* Época	9	9.70	0.0001*
Ac. Fosfórico * Época	9	20.97	0.0001*
Etephon* Ac. Fosfórico* Época	9	12.39	0.0001*
Error	31		
Total	63		

Cv = 20.06% (* existe diferencia significativa).

Como se puede observar para esta variable existe diferencia significativas para la triple interacción etephon, ácido fosfórico y época, por lo que se realizó una prueba de medias de Tukey al 5% la cual se presenta en el cuadro 3.

Cuadro 3. Prueba de Tukey para la variable porcentaje de maduración a los 5 días de la aplicación de los tratamientos.

Tratamiento	Etephon	Ácido Fosfórico	Época	Promedio de % de maduración	Grupo Tukey
T1 lluviosa	1.18	2.36	2	100	A
T9 lluviosa	3.54	2.36	2	100	A
T11 lluviosa	3.54	4.02	2	100	A
T16 lluviosa	4.49	5.91	2	90.625	A B
T7 seca	2.83	4.02	1	75	A B C
T15 lluviosa	4.49	4.02	2	75	A B C
T6 lluviosa	2.83	3.07	2	68.75	A B C
T7 lluviosa	2.83	4.02	2	56.25	A B C
T15 seca	4.49	4.02	1	56.25	A B C
T13 lluviosa	4.49	2.36	2	50	B C D
T16 seca	4.49	5.91	1	50	B C D
T8 seca	2.83	5.91	1	40.625	B C D
T11 seca	3.54	4.02	1	40.625	B C D
T12 lluviosa	3.54	5.91	2	31.25	C D E
T14 lluviosa	4.49	3.07	2	31.25	C D E
T5 lluviosa	2.83	2.36	2	28.125	C D E
T2 seca	1.18	3.07	1	25	C D E
T2 lluviosa	1.18	3.07	2	25	C D E
T3 lluviosa	1.18	4.02	2	25	C D E
T5 seca	2.83	2.36	1	25	C D E
T6 seca	2.83	3.07	1	25	C D E
T8 lluviosa	2.83	5.91	2	25	C D E
T10 seca	3.54	3.07	1	25	C D E
T12 seca	3.54	5.91	1	25	C D E
T13 seca	4.49	2.36	1	25	C D E
T3 seca	1.18	4.02	1	18.75	C D E
T4 seca	1.18	5.91	1	18.75	C D E
T4 lluviosa	1.18	5.91	2	18.75	C D E
T10 lluviosa	3.54	3.07	2	18.75	C D E
T14 seca	4.49	3.07	1	18.75	C D E
T9 seca	3.54	2.36	1	9.375	D E
T1 seca	1.18	2.36	1	0	E

(época 1 = época seca época 2 = época lluviosa).

Nota: Tratamientos con la misma letra de Tukey, no presentan diferencias significativas.

En el cuadro anterior se puede apreciar que los tratamientos que presentaron los mejores promedios en cuanto al porcentaje de maduración, a los 5 días después de haber sido aplicados durante la época lluviosa fueron los siguientes: 1.18 lts/ha de etephon mas 2.36 lts/ha de ácido fosfórico, 3.54 lts/ha de etephon mas 2.36 lts/ha de ácido fosfórico y 3.54 lts de etephon mas 4.02 lts/ha de ácido fosfórico. Todas las piñas tratadas con estos tres tratamientos alcanzaron el grado de madurez deseado a los 5 días por lo cual se obtuvo un 100% de maduración (maduración 2 Ver figura 6 A).

El tratamiento que en promedio presento mayor porcentaje de maduración en las piñas a los 5 días de haber aplicado los tratamientos durante la época seca fue la dosis en la que se utilizó de 2.83 lts/ha de etephon con 4.02 lts/ha de ácido fosfórico, con esta dosis se logró que el 75% de la piñas obtuviera el grado de madurez deseado.

De acuerdo a los resultados obtenidos en cuanto el porcentaje de maduración a los 5 días después de aplicados los tratamientos se pudo observar que el factor época tiene una gran influencia en la maduración, ya que se obtuvieron mayores porcentajes de maduración durante la época lluviosa en comparación a la época seca.

Según Py (1987), la maduración varía sensiblemente a los cambios en el ambiente, siendo los más favorables para la maduración la humedad, la cual debe de ser óptima, temperaturas mayores a 25 grados centígrados y una alta luminosidad. Los resultados obtenidos en esta investigación para la época lluviosa viene a confirmar lo observado por Py, en la cual se obtuvo un mayor porcentaje de maduración.

Los resultados obtenidos a los 7 días de haber aplicado los tratamientos con respecto a el porcentaje de maduración se sometieron a un análisis de varianza, los resultados se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Análisis de varianza para la variable porcentaje de maduración a los 7 días de la aplicación de los tratamientos.

Fuente	Grados de Libertad	Valor de F	Pr > F
Bloque	1	9.56	0.004
Etephon	3	4.93	0.006*
Ac. Fosfórico	3	23.28	0.0001*
Época	1	56.86	0.0001*
Etephon * Ac. Fosfórico	9	19.61	0.0001*
Etephon * Época	9	10.49	0.0001*
Ac. Fosfórico * Época	9	8.10	0.0004*
Etephon * Ac. Fosfórico * Época	9	11.57	0.0001*
Error	31		
Total	63		

Cv = 15.14% (* existe diferencia significativa).

Para el porcentaje de maduración a los 7 días después de haber aplicado los tratamientos el análisis de varianza indicó que existe diferencia significativas para la triple interacción Etephon, Ácido Fosfórico y Época, por lo que se realizó una prueba de medias de Tukey al 5% cuyos resultados se presentan en el cuadro 5.

Cuadro 5. Prueba de Tukey para la variable porcentaje de maduración a los 7 días de la aplicación de los tratamientos.

Tratamiento	Etephon	Ácido Fosfórico	Época	Promedio de % maduración	Grupo Tukey
T3 lluviosa	1.18	4.02	2	75	A
T5 seca	2.83	2.36	1	75	A
T6 seca	2.83	3.07	1	75	A
T10 seca	3.54	3.07	1	75	A
T10 lluviosa	3.54	3.07	2	75	A
T3 seca	1.18	4.02	1	68.75	A B
T5 lluviosa	2.83	2.36	2	68.75	A B
T9 seca	3.54	2.36	1	68.75	A B
T12 seca	3.54	5.91	1	68.75	A B
T14 lluviosa	4.49	3.07	2	68.75	A B
T4 lluviosa	1.18	5.91	2	65.625	A B
T8 lluviosa	2.83	5.91	2	65.625	A B
T2 lluviosa	1.18	3.07	2	59.375	A B
T4 seca	1.18	5.91	1	59.375	A B
T8 seca	2.83	5.91	1	59.375	A B
T11 seca	3.54	4.02	1	59.375	A B
T12 lluviosa	3.54	5.91	2	59.375	A B
T14 seca	4.49	3.07	1	59.375	A B
T2 seca	1.18	3.07	1	50	A B
T16 seca	4.49	5.91	1	50	A B
T1 seca	1.18	2.36	1	40.625	A B C
T13 seca	4.49	2.36	1	40.625	A B C
T13 lluviosa	4.49	2.36	2	40.625	A B C
T15 seca	4.49	4.02	1	34.375	A B C
T6 lluviosa	2.83	3.07	2	31.25	A B C
T7 seca	2.83	4.02	1	25	B C
T7 lluviosa	2.83	4.02	2	25	B C
T15 lluviosa	4.49	4.02	2	25	B C
T16 lluviosa	4.49	5.91	2	9.375	C D
T1 lluviosa	1.18	2.36	2	0	D
T9 lluviosa	3.54	2.36	2	0	D
T11 lluviosa	3.54	4.02	2	0	D

(época 1 = época seca época 2 = época lluviosa).

Nota: Tratamientos con la misma letra de Tukey, no presentan diferencias significativas.

Los tratamientos que presentaron en promedio un mayor porcentaje de maduración a los 7 días después de haber sido aplicados fueron las dosis de 1.18 lts/ha de etephon más 4.02 lts/ha de ácido fosfórico y 3.54 lts/ha de etephon más 3.07 lts/ha de ácido fosfórico aplicados en el época lluviosa y para la época seca las dosis de 2.83 lts de etephon más 2.36 lts/ha de ácido fosfórico, 2.83 lts/ha de etephon más 3.07 lts/ha de ácido fosfórico (Dosis testigo = Dosis utilizada en la finca) y 3.54 lts/ha de etephon más 3.07 lts/ha de ácido fosfórico aplicados en la época seca. Tanto para los tratamientos aplicados en la época seca como para la época lluviosas se logró un 75% de maduración.

De acuerdo a los resultados obtenidos en cuanto a la maduración a los 7 días después de aplicados los tratamientos se pudo observar que el factor época influyó también en el porcentaje de maduración en la piñas tratadas, así como también en el tiempo de maduración de la piña, ya que a los 5 días se obtuvieron muy buenos resultados durante la época lluviosa, no así para la época seca, en que, los mejores resultados estuvieron un 25% por debajo con respecto a los mejores resultados obtenidos en la época lluviosa.

Sin embargo de acuerdo con lo expresado por Jiménez (1996), se considera una buena aplicación si el 75% de las frutas tratadas presenta una maduración aceptable para exportación. (maduración 2 ver figurara 6), por lo que se puede considerar que con las dosis en que se alcanzaron los mejores promedios a los 7 días después de haber sido aplicadas durante la época seca, se logró obtener un porcentaje de maduración aceptable.

7.2 Contenido de azúcares (Grados Brix)

Con los datos recolectados en el campo se realizó un análisis de varianza, cuyos resultados se presentan en el cuadro 6.

Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable Grados brix

Fuente	Grados de Libertad	Valor de F	Pr > F
Bloque	1	0.07	0.7931
Etephon	3	1.29	0.2956
Ac. Fosfórico	3	3.33	0.0322*
Época	1	0.28	0.6005
Etephon * Ac. Fosfórico	9	2.50	0.0279*
Etephon * Época	9	1.46	0.2451
Ac. Fosfórico* Época	9	0.19	0.904
Etephon* Ac. Fosfórico * Época	9	1.01	0.455
Error	31		
Total	63		

CV = 6.41% (* existe diferencia significativa).

Para los resultados de esta variable existió diferencia significativa para la doble interacción etephon y ácido fosfórico, por lo cual se realizó una prueba de medias de Tukey al 5% y los resultados se muestran en el cuadro 7.

Cuadro 7. Prueba de Tukey para la variable Grados Brix.

Tratamiento	Etephon	Ácido Fosfórico	Medias de Grados Brix	Grupo Tukey
T4	1.18	5.91	16.25	A
T1	1.18	2.36	15.75	A B
T13	4.49	2.36	15.625	A B
T12	3.54	5.91	15.5	B
T11	3.54	4.02	15.125	B C
T15	4.49	4.02	15.125	B C D
T6	2.83	3.07	14.625	C D E F
T16	4.49	5.91	14.625	C D E F
T8	2.83	5.91	14.375	D E F
T7	2.83	4.02	14.25	E F
T9	3.54	2.36	14.25	E F
T10	3.54	3.07	14.25	E F
T5	2.83	2.36	14.125	E F
T14	4.49	3.07	14.125	E F
T3	1.18	4.02	14	E F
T2	1.18	3.07	13.75	F

Nota: Tratamientos con la misma letra de Tukey, no presentan diferencias significativas.

Como se puede observar en el cuadro anterior, que el tratamiento en el cual se obtuvo una mayor concentración de azúcares expresados en grados brix fue en el que se utilizaron 1.18 lts/ha de etephon más 5.91 lts/ha de ácido fosfórico con respecto a las demás tratamientos. No obstante las medias de los demás tratamientos se encuentran dentro del rango de aceptabilidad para exportación para grados brix. (13 a 16 grados). Según Cook et al. (1968), el etephon permanece estable a pH bajos (menores que cuatro), y al entrar a los tejidos de la planta debido a que el protoplasma de la célula tienen un pH mayor que cuatro (se produce una reacción de catálisis alcalina), se degrada y por consiguiente se libera etileno. Según Jiménez (10), las piñas tratadas con etephon, tienden a disminuir la acidez, los volátiles, aldehídos y alcoholes llegan a su nivel óptimo y la pigmentación aumenta. El etileno presente en el etephon se libera al contacto

con agua y se libera cuando el pH es de 4. Por lo que es importante acidificar la solución para evitar un desprendimiento violento del etileno, permitiendo un mejor aprovechamiento, evitando que volatilice con facilidad y se pierda. De acuerdo con los resultado obtenidos en el campo en lo referente a la solución el tratamiento que presentó un pH más bajo fue el de 1.18 lts/ha de etephon y 5.91 lts/ ha de ácido fosfórico. (Ver cuadro 12 A).

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de varianza para el contenido azúcares expresados en grados brix, es indiferente la época en la cual se aplique el tratamiento, pues no reportó diferencias significativas para la época de aplicación.

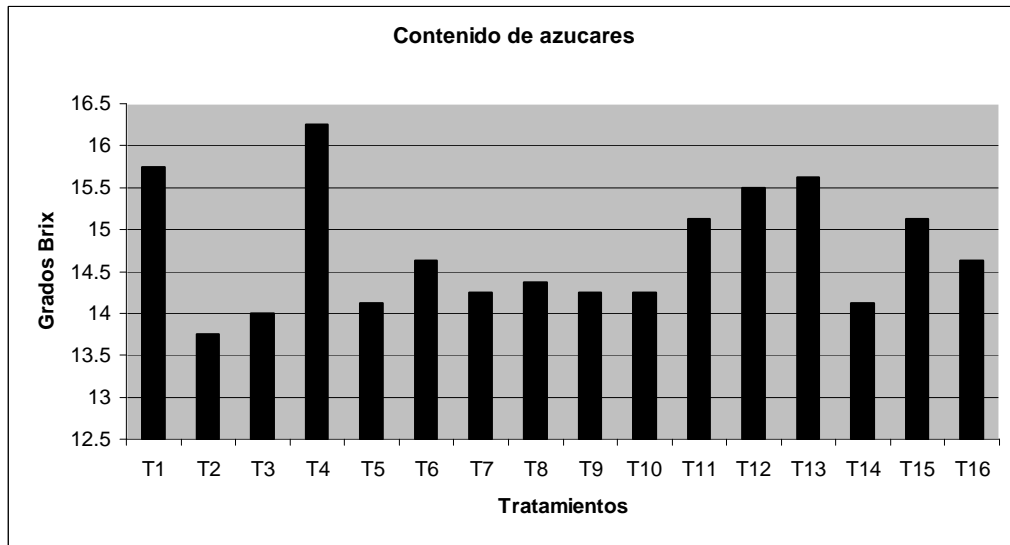


Figura 5. Grados Brix para las diferentes combinaciones de etephon y ácido Fosfórico.

7.3 Rendimiento (número de cajas por hectárea a los 5 y 7 días después de aplicados los tratamientos)

Con los datos obtenidos, en cuanto al rendimiento (número de cajas/ha) a los 5 días después de haber aplicado los tratamientos se elaboró un análisis de varianza y los resultados se presentan en el cuadro 8.

Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable rendimiento (número de cajas por hectárea a los 5 días después de aplicados los tratamientos).

Fuente	Grados de Libertad	Valor de F	Pr > F
Bloque	1	0.12	0.7300
Etephon	3	12.49	0.0001*
Ac. Fosfórico	3	11.13	0.0001*
Época	1	56.25	0.0001*
Etephon * Ac. Fosfórico	9	4.89	0.0004*
Etephon * Época	9	5.65	0.0033*
Ac. Fosfórico * Época	9	18.03	0.0001*
Etephon* Ac. Fosfórico* Época	9	8.25	0.0001*
Error	31		
Total	63		

CV = 16.84% (* existe diferencia significativa).

Como se puede observar en el cuadro anterior existen diferencias significativas para la triple interacción, Etephon, Ácido fosfórico y Época, por lo cual se procedió a realizar una prueba de medias de Tukey al 5% la cual se presenta en el cuadro 9.

Cuadro 9. Prueba de Tukey para la variable rendimiento (número de cajas por hectárea a los 5 días después de aplicados los tratamientos).

Tratamiento	Etephon	Ácido Fosfórico	Época	Promedio de cajas /ha.	Grupo Tukey
T1 lluviosa	1.18	2.36	2	12000	A
T9 lluviosa	3.54	2.36	2	12000	A
T11 lluviosa	3.54	4.02	2	12000	A
T16 lluviosa	4.49	5.91	2	10875	A B
T7 seca	2.83	4.02	1	9000	A B C
T15 lluviosa	4.49	4.02	2	9000	A B C
T6 lluviosa	2.83	3.07	2	8250	A B C
T7 lluviosa	2.83	4.02	2	6750	A B C
T15 seca	4.49	4.02	1	6750	A B C
T13 lluviosa	4.49	2.36	2	6000	A B C
T16 seca	4.49	5.91	1	6000	A B C
T8 seca	2.83	5.91	1	4875	A B C D
T11 seca	3.54	4.02	1	4875	A B C D
T12 lluviosa	3.54	5.91	2	3750	B C D
T14 lluviosa	4.49	3.07	2	3750	B C D
T5 lluviosa	2.83	2.36	2	3375	B C D
T2 seca	1.18	3.07	1	3000	C D
T2 lluviosa	1.18	3.07	2	3000	C D
T3 lluviosa	1.18	4.02	2	3000	C D
T5 seca	2.83	2.36	1	3000	C D
T6 seca	2.83	3.07	1	3000	C D
T8 lluviosa	2.83	5.91	2	3000	C D
T10 seca	3.54	3.07	1	3000	C D
T12 seca	3.54	5.91	1	3000	C D
T13 seca	4.49	2.36	1	3000	C D
T3 seca	1.18	4.02	1	2250	C D E
T4 seca	1.18	5.91	1	2250	C D E
T4 lluviosa	1.18	5.91	2	2250	C D E
T10 lluviosa	3.54	3.07	2	2250	C D E
T14 seca	4.49	3.07	1	2250	C D E
T9 seca	3.54	2.36	1	1125	D E
T1 seca	1.18	2.36	1	0	E

(época 1 = época seca época 2 = época lluviosa).

Nota: Tratamientos con la misma letra de Tukey, no presentan diferencias significativas.

En el cuadro anterior se puede apreciar que los tratamientos de 1.18 lts de etephon combinado con 2.36 lts de ácido fosfórico, 3.54 lts/ha de etephon y 2.36 lts/ ha de ácido fosfórico y 3.54 lts de etephon combinado con 4.02 lts/ ha de ácido fosfórico, son los que presentan mejores promedios en cuanto a número de cajas por hectárea a los 5 días después de la aplicación de los tratamientos en la época lluviosa, obteniendo 12,000 cajas por hectárea para los tres tratamientos y el tratamiento que mejor promedio presentó, aplicado en la época seca fue el de 2.83 lts/ ha de etephon y 4.02 lts/ha de ácido fosfórico obteniendo un promedio de 9,000 cajas/ ha a los 5 días después de haber aplicado los tratamientos, con respecto a los demás anteriores, aplicados en la época seca. El rendimiento mas bajo para la época seca se obtuvo con el tratamiento en el cual se utilizó 1.18 lts/ha de etephon y 2.36 lts/ha de ácido fosfórico y para la época lluviosa, se obtuvo al aplicar 1.18 lts/ha de etephon y 5.91 lts/ha de ácido fosfórico y 3.54 lts/ha. de etephon y 3.07 lts/ha de ácido fosfórico, obteniendo un total de 2,250 cajas/ ha. para los dos tratamientos.

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación, la época de aplicación de los tratamientos influye en el rendimiento de cajas/ha exportables, ya que de acuerdo a los resultados a lo 5 días después de haber aplicado los tratamientos, en la época lluviosa se obtienen más cajas por hectárea (12,000 cajas/ha), que en la época seca (9,000 cajas/ha).

Según Py (1987). El rendimiento en cuanto a la maduración varía sensiblemente a las características ecológicas en el momento de realizar la maduración.

Con los datos obtenidos en cuanto al rendimiento (número de cajas/ha) a los 7 días después de haber aplicado los tratamientos, se realizó un análisis de varianza cuyos resultados se presentan en el cuadro 10.

Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable rendimiento (número de cajas por hectárea a los 7 días después de aplicados los tratamientos).

Fuente	Grados de Libertad	Valor de F	Pr > F
Bloque	1	8.48	0.006
Etephon	3	5.33	0.0044*
Ac. Fosfórico	3	27.13	0.0001*
Época	1	76.68	0.0001*
Etephon * Ac. Fosfórico	9	21.82	0.0001*
Etephon * Época	9	13.29	0.0001*
Ac. Fosfórico * Época	9	11.10	0.0001*
Etephon* Ac. Fosfórico * Época	9	14.84	0.0001*
Error	31		
Total	63		

CV = 13.01% (* existe diferencia significativa).

En el cuadro anterior se puede observar que existen diferencias significativas para la triple interacción Etephon, Ácido Fosfórico y Época, por lo que se procedió a realizar una prueba de medias de Tukey al 5% y los resultados se presentan en el cuadro 11.

Cuadro 11. Prueba de Tukey para la variable rendimiento (número de cajas por hectárea a los 7 días después de aplicados los tratamientos).

Tratamiento	Etephon	Ácido Fosfórico	Época	Promedio de cajas / ha.	Grupo Tukey
T3 lluviosa	1.18	4.02	2	9000	A
T5 seca	2.83	2.36	1	9000	A
T6 seca	2.83	3.07	1	9000	A
T10 seca	3.54	3.07	1	9000	A
T10 lluviosa	3.54	3.07	2	9000	A
T3 seca	1.18	4.02	1	8250	A B
T5 lluviosa	2.83	2.36	2	8250	A B
T9 seca	3.54	2.36	1	8250	A B
T12 seca	3.54	5.91	1	8250	A B
T14 lluviosa	4.49	3.07	2	8250	A B
T4 lluviosa	1.18	5.91	2	7875	A B
T8 lluviosa	2.83	5.91	2	7875	A B
T2 lluviosa	1.18	3.07	2	7125	A B
T4 seca	1.18	5.91	1	7125	A B
T8 seca	2.83	5.91	1	7125	A B
T11 seca	3.54	4.02	1	7125	A B
T12 lluviosa	3.54	5.91	2	7125	A B
T14 seca	4.49	3.07	1	7125	A B
T2 seca	1.18	3.07	1	6000	A B
T16 seca	4.49	5.91	1	6000	A B
T1 seca	1.18	2.36	1	4875	A B
T13 seca	4.49	2.36	1	4875	A B
T13 lluviosa	4.49	2.36	2	4875	A B
T15 seca	4.49	4.02	1	4125	A B C
T6 lluviosa	2.83	3.07	2	3750	A B C
T7 seca	2.83	4.02	1	3000	B C
T7 lluviosa	2.83	4.02	2	3000	B C
T15 lluviosa	4.49	4.02	2	3000	C
T16 lluviosa	4.49	5.91	2	1125	C D
T1 lluviosa	1.18	2.36	2	0	D
T9 lluviosa	3.54	2.36	2	0	D
T11 lluviosa	3.54	4.02	2	0	D

(época 1 = época seca época 2 = época lluviosa).

Nota: Tratamientos con la misma letra de Tukey, no presentan diferencias significativas.

El cuadro anterior nos muestra que para la variable rendimiento expresada en número de cajas por hectárea a los 7 días después de aplicados los tratamientos, los mejores promedios en cuanto a rendimiento para la época lluviosa, se obtuvieron al aplicar las dosis de 1.18 lts/ha de etephon más 4.02 lts/ha de ácido fosfórico y 3.54 lts/ha de etephon más 3.07 lts/ha de ácido fosfórico, con respecto a los demás tratamientos aplicados en la misma época. El promedio de cajas obtenidas al aplicar estas dosis fue de 9,000 cajas/ha.

Para la época seca, los mejores promedios en cuanto al rendimiento a los 7 días después de haber aplicado los tratamientos, se obtuvieron con las dosis de 2.83 lts/ha de etephon más 2.36 lts/ha de ácido fosfórico, 2.83 lts/ha de etephon más 3.07 lts/ha de ácido fosfórico y 3.54 lts/ha de etephon más 3.07 lts/ha de ácido fosfórico, con respecto a los demás tratamientos, obteniendo un promedio para las tres dosis de 9,000 cajas por hectárea.

A los 7 días después de aplicados los tratamientos durante la época lluviosa no se obtuvo ningún rendimiento al utilizar las dosis de 1.18 lts/ha de etephon más 2.36 lts/ha de ácido fosfórico, 3.54 lts/ha de etephon más 2.36 lts/ha de ácido fosfórico y 3.54 lts etephon lts/ha más 4.02 lts/ha de ácido fosfórico y para el época seca el rendimiento más bajo se obtuvo al aplicar 2.83 lts/ha de etephon y 4.02 lts/ha de ácido fosfórico obteniendo un rendimiento de 3,000 cajas/ha.

De acuerdo a los resultados obtenidos para esta variable, se puede observar que la época de aplicación de los tratamientos influyó en el rendimiento y en el tiempo de cosecha de la fruta. A los 7 días después de haber aplicado los tratamientos durante la época seca, los mejores rendimientos que se obtuvieron fueron de 9,000 cajas/ha a diferencia de la época lluviosa en la cual, los mejores rendimientos fueron de 12,000 cajas/ha y en 5 días después haber aplicado los tratamientos.

8. CONCLUSIONES

- 1- La dosis que presentó un mayor porcentaje de maduración durante la época lluviosa a los 5 días después de haber aplicado los tratamientos, fue la combinación de 1.18lts/ha. de etephon con 2.36 lts/ha de ácido fosfórico, obteniendo un 100% de maduración y además se logró un mayor rendimiento de 12,000 cajas/ha.
- 2- Para la época seca, a los 5 días de haber aplicado los tratamientos, la dosis que mejor resultado presentó fue la combinación de 2.83 lts/ha de etephon con 4.02 lts/ de ácido fosfórico, logrando un 75% de maduración en la piñas tratadas con esta dosis y un rendimiento de 9,000 cajas/ha.
- 3- La dosis que mejor resultados presentó a los 7 días de haber aplicado los tratamientos fueron las combinaciones de 1.18 lts/ha de etephon y 4.02 lts/ha de ácido fosfórico obteniendo un 75% de maduración y un rendimiento de 9,000 cajas/ha en la época lluviosa.
- 4- Para la época seca, a los 7 días de aplicados los tratamientos, la dosis que mejor resultados presentó fue la combinación de 2.83lts/ha de etephon con 2.36 lts/ha de ácido fosfórico, obteniendo un 75% de maduración y con un rendimiento de 9,000 cajas/ha.

- 5- El porcentaje de maduración de las piñas se ve influenciado por las diferentes épocas de aplicación de las diferentes combinaciones de etephon y ácido fosfórico.
- 6- El contenido de azúcares en piña, expresados en grados brix aumentan y se ven influenciados por la aplicación de etephon y ácido fosfórico en los frutos. La dosis que mejor resultado presentó fue la combinación de 1.18 lts/ha de etephon y 5.91 lts/ha de ácido fosfórico. El contenido de azúcares que presentaron las piñas tratadas con esta dosis fue de 16.25 grados brix.
- 7- La época de aplicación de los tratamientos no influye en el contenido de azúcares expresados en grados brix en las piñas.

9. RECOMENDACIONES

1. Durante la época lluviosa utilizar las dosis de 1.18 lts/ha de etephon y 2.36 lts/ha de ácido fosfórico para maduración debido que se logra un 100% de maduración aceptable para exportación en los frutos y se obtiene un rendimiento de 12,000 cajas/ha y en menor tiempo (5 días después de aplicados los tratamientos).
2. En la época seca utilizar la dosis de 2.83 lts/ha de etephon y 2.36 lts/ha de ácido fosfórico, ya que con esta dosis se logra madurar el 75% de la fruta y también se logra un rendimiento de 9,000 cajas/ha., aunque en un mayor tiempo (7 días después de aplicados los tratamientos).
3. Para obtener un mayor contenido de azúcares en los frutos utilizar la dosis de 1.18 lts/ha de etephon y 5.91 lts/ha.
4. Realizar otro experimento durante la época seca con el fin de encontrar una dosis en la cual se pueda reducir el tiempo de maduración de la fruta, aumentar el porcentaje de maduración y el rendimiento.

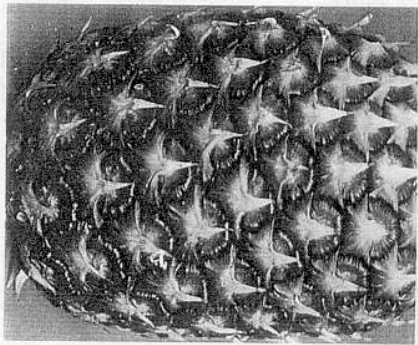
10. BIBLIOGRAFÍA

1. **ANDERSON, J. D. 1988.** Enfoque sobre el estado actual de la industria de la piña fresca en Costa Rica y potencial para su expansión. San José, Costa Rica. Coalición Costarricense Iniciativas para el Desarrollo. 120 p.
2. **BOHINSKI, R. 1987.** Bioquímica. 2a. ed. México, Iberoamericana, 620 p.
3. **CARIAS, D. 1999.** Evaluación de tres dosis de gas etileno combinado con tres dosis de carbón activado para la inducción de la floración en piña (*Ananas comosus* L. Merr.). Tesis Ing. Agr. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. 58 p.
4. **CASTRO, J. Z. ; HERNÁNDEZ, C. 1992.** Cultivo, empaque y comercialización de la piña para exportación. Ecuador. Instituto Latinoamericano de Fomento Agroindustria. 47 p.
5. **CHANDLER, W.A. 1962.** Frutales de hoja perenne. Trad. Por De la Loma. Unión Topográfica. México, Hispano América. 666 p.
6. **CHAVARRIA, A. 1996.** Comparación del crecimiento vegetativo de dos tipos de hijos utilizados para la propagación comercial de la piña (*Ananas comosus* L. Merr.) Var. Champaka en la zona del pital San Carlos. Tesis Ing. Agr. Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Departamento de Agronomía. 76 p.
7. **COOKE, A. ; RANDALL, D. 1968.** 2-Haloethanephosphonic acids as ethylene releasing agents for the induction of flowering pineapple. *Nature*. 218 (105) : 218.
8. **CRUZ, J. R. DE LA. 1982.** Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. p. 22-23.
9. **GONZALES, J. R. 1995.** Uso del etephon y el carburo de calcio en la Inducción floral de piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.). Tesis Ing. Agr. Costa Rica. Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda. 49 p.

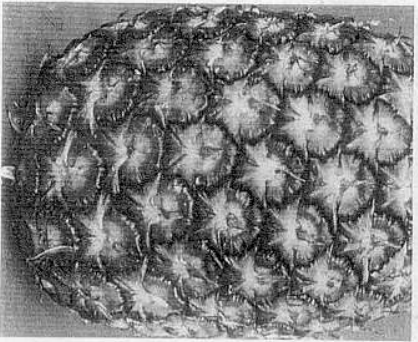
10. **JIMÉNEZ, J. A. 1996.** El cultivo de la piña de Exportación. Ed. Instituto del Trópico Húmedo de Tabasco. México. 167 p.
11. **LEAL, F. 1989.** Origin and taxonomy of the pineapple. *Interciencia* (EE. UU.) 14(5) : 235-241.
12. **LEON, J. 1968.** Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. San José, IICA. 487 p.
13. **MATOO, A. ; SUTTE, J. 1991.** The plant hormone. Ethylene. Florida, s.n. 344p.
14. **PY, C. ; LACOEUILHE, C. ; TEISSON, C. 1987.** The pineapple Cultivation and uses. Paris, Maisonnueuve. 568p.
15. **ROJAS, M. ; RAMÍREZ, H. 1987.** Control Hormonal del Desarrollo de las Plantas. 2 ed. México, Limusa. 263 p.
16. **ROJAS, N. L. 1988.** Zonificación agroecológica para el cultivo de piña (*Anas comosus* L. Merr) en Costa Rica. Tesis Ing. Agr. Costa Rica, Universidad de Costa Rica. Facultad deAgronomía. Escuela de Economía Agrícola. 106 p.
17. **SEMINARIO SOBRE PRODUCCIÓN Y MANEJO POST- COSECHA DE LA PIÑA DE EXPORTACIÓN 1994, SAN SALVADOR, SALV. 1994.** Ed. Por Fundación Salvadoreña para el desarrollo económico y social FUSADES. Salv., s.n. 53 p.
18. **SIMONS, Ch. ; TARANO, J. M. ; PINTO, J. H. 1959.** Clasificación de suelos de la república de Guatemala. Trad. Por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, Ed. José de Pineda Ibarra. P. 331-361
19. **WEAVER, R. J. 1976.** Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. Trad. Por Agustín Contin. México, Ed Trillas. 622p.

11. APENDICE

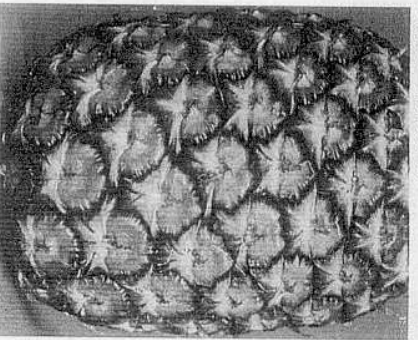
Figura 6. Tabla de maduración externa.



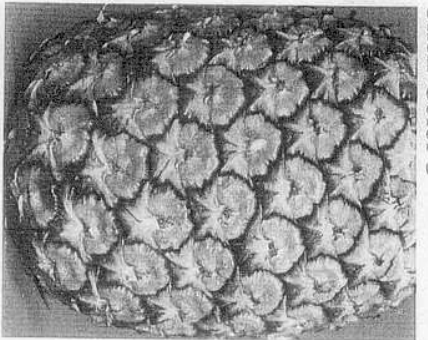
Shell Color 0



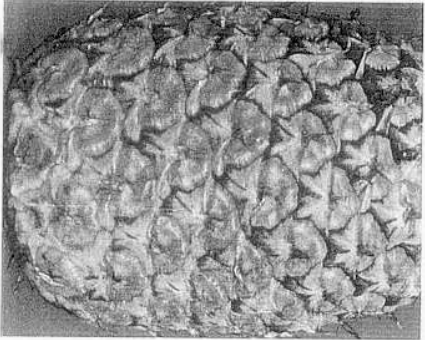
Shell Color 1



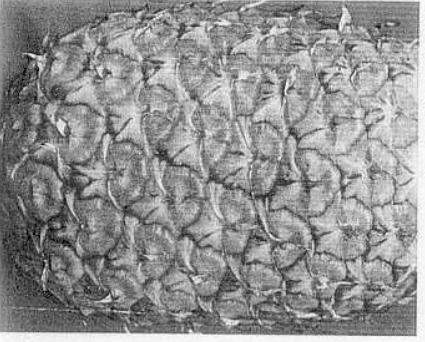
Shell Color 2



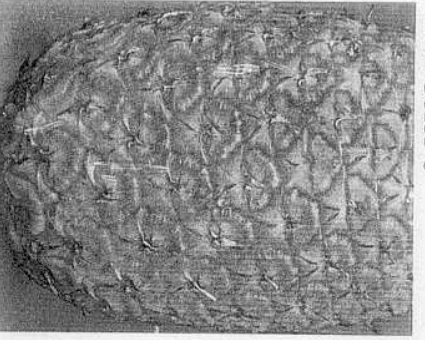
Shell Color 3



Shell Color 4



Shell Color 5



Shell Color 6

Shell Color 0: Completely green fruit with no trace of yellow.

Shell Color 1: Trace of yellow beginning to show on center of eyes.

Shell Color 2: Clear color break in some eyes showing change to yellow.

Shell Color 3: Majority of eyes showing partial filling with yellow color.

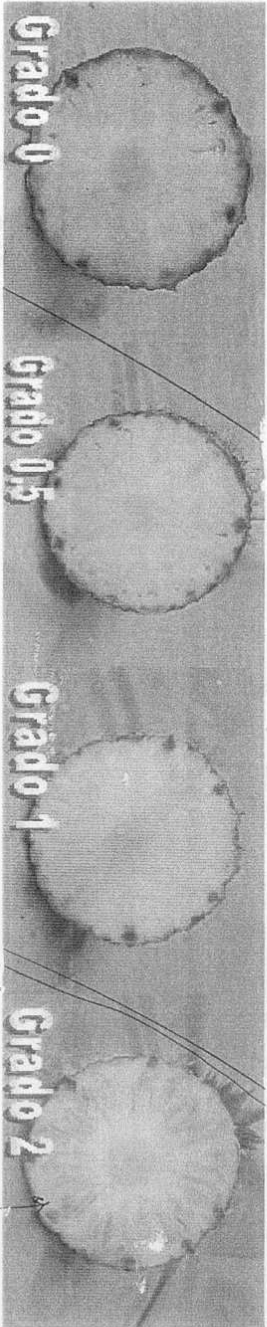
Shell Color 4: All eyes showing filling with yellow color and distinct green remaining on edges of eyes.

Shell Color 5: All eyes filled with yellow color and only a trace of green on edges.

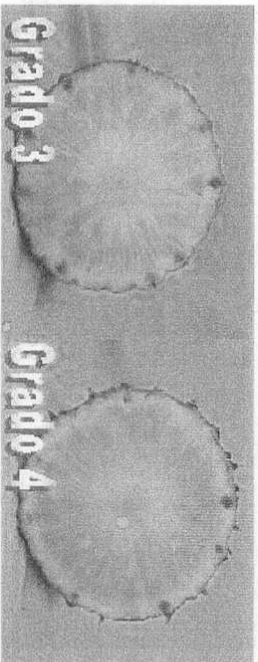
Shell Color 6: Full yellow color with no trace of green.

Figura 7. Tabla de translucidez.

Translucidez



EMPACABLE



NO EMPACABLE

Cuadro 12 A. Valores de pH para los tratamientos de la combinación de Etephon y ácido fosfórico para la época seca y época lluviosa

Tratamiento	Lts de Etephon/ha.	Lts de ácido fosfórico/ha.	pH de la solución
T1	1.18	2.36	2
T2	1.18	3.07	1.8
T3	1.18	4.02	1.5
T4	1.18	5.91	1
T5	2.83	2.36	2.4
TESTIGO * T6	2.83	3.07	2
T7	2.83	4.02	2
T8	2.83	5.91	1.2
T9	3.54	2.36	2.3
T10	3.54	3.07	2.1
T11	3.54	4.02	1.5
T12	3.54	5.91	1.3
T13	4.49	2.36	2.3
T14	4.49	3.07	2.2
T15	4.49	4.02	2
T16	4.49	5.91	1.5