

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

**ALTERNATIVAS AL USO DE GAS ETILENO PARA INDUCCIÓN
FLORAL ARTIFICIAL EN EL CULTIVO DE PIÑA ORGÁNICA
(*Ananas comosus* var. *comosus*) VARIEDAD
DOLE 11 EN FINCA LA VIRGEN, SARAPIQUÍ**

Práctica de especialidad presentada la Escuela de Agronomía
como requisito parcial para optar al grado de
Bachillerato en Ingeniería en Agronomía

ROSA YANORY BRENES GONZÁLEZ

SANTA CLARA, 2019



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

COSTA RICA

ALTERNATIVAS AL USO DE GAS ETILENO PARA
INDUCCIÓN FLORAL ARTIFICIAL EN EL CULTIVO DE PIÑA
ORGÁNICA (*Ananas comosus* var. *comosus*) VARIEDAD
DOLE11 EN FINCA LA VIRGEN, SARAPIQUÍ

ROSA YANORY BRENES GONZALEZ

Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:

Ing. Agr. Zulay Castro Jiménez, MGA.



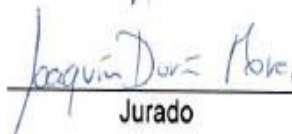
Asesora principal

Ing. Agr. Ronald González Chinchilla, Ph. D.



Asesor externo

Ing. Agr. Joaquín Durán Mora, Ph. D.



Jurado

Ing. Agr. Zulay Castro Jiménez, MGA.



Coordinadora
Trabajos Finales de Graduación

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



Director
Escuela de Agronomía

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso y a la Virgen María, que me dio las fuerzas y la capacidad para realizar este sueño.

A don Gonzalo Ramírez Guier (Papi Chalo) por ser mi guía e incentivarme a estudiar y ser una profesional en la vida.

A mi pareja Merlín Hernández Gómez, a mi familia, en especial a mi mamá que ha dado su vida por nosotros; a mis sobrinos Jimena y Rubén; a mis hermanos Mauricio y Marcela; a mi abuelo Miguel Brenes Mejías; a mi prima Yessenia Arias Sandoval[†] y a mi hermano gemelo Omar Alberto Brenes González[†] quienes ya descansan en la paz del señor.

A la empresa DOLE, Finca La Virgen, en especial al Dr. Ronald González Chinchilla por permitirme ser parte este proyecto; a mi jefa Hellen Nuñez Quiel por todos sus buenos consejos y apoyo; a Luis Chávez Coto por permitir realizar el ensayo en finca y a mi compañero que me guio y me instruyó a terminar este sueño el Ing. Berni Marcell Alvarado Aguilar.

Y muy en especial a mi amiga y hermana del alma Marilyn Elizondo Herrera, quien siempre ha estado apoyándome.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios Todopoderoso y a la Virgen María, porque me dieron las fuerzas en todos estos años, para salir adelante con los retos que presenta la universidad.

Un agradecimiento muy especial a Gonzalo Ramírez Guier (papi Chalo) quien en todo momento fue mi apoyo, mi consejero y me insto a estudiar y ser una persona profesional en la vida.

A mi pareja de momentos tristes y alegrías Merlin Hernández Gómez, quien me ha apoyado en todo momento y cuando he sentido en rendirme me ha motivado a continuar.

Un agradecimiento especial al Dr. Ronald González Chinchilla por aceptarme y ser parte de este proyecto tan importante para la producción de piña orgánica.

A Finca La Virgen quien me abrió las puertas para el desarrollo de este trabajo, en especial a Hellen Nuñez Quiel quien me apoyo en todo momento, a los Ing. Agr. Berni Alvarado Aguilar y Marco Barrantes Vargas porque siempre estuvieron ahí apoyando cada paso del Proyecto, al Departamento de Servicios Agrícolas y su administrador Walter Chavarría Alvarado, a Marcial Urbina Zaballos por toda su colaboración y un sincero agradecimiento a los ingenieros de Research, Kenneth Calderón López, Carlos Carvajal Guzmán, Gabriel Bogantes León, Jesner Fonseca Zamora y operadores de maquinaria.

A todo el personal del TEC (compañeras (os) y profesores) que de una u otra forma me apoyaron incluyendo a Noidy Arrieta quien me dio su apoyo para seguir adelante y muy en especial a la Ing. Agr. Zulay Castro Jiménez, MGA, por su gran ayuda en la elaboración y revisión de este trabajo y al Ing. Agr. Joaquín Durán Mora, Ph.D, por tenerme paciencia.

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	i
LISTA DE CUADROS	iii
LISTA DE FIGURAS	iv
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo General	2
1.2. Objetivos específicos	2
1.3. Hipótesis de investigación	2
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. Origen y distribución del cultivo	3
2.1.1. Taxonomía del cultivo de piña	3
2.1.2. Características de la planta de piña	3
2.1.3. Características del fruto de piña	3
2.2. Floración en el cultivo de la piña	3
2.2.1. Condiciones ambientales para el cultivo de piña	4
2.2.2. Inducción de la floración en piña orgánica	5
2.3. Inductores químicos utilizados en plantaciones de piña y su modo de acción	6
2.3.1. Carburo de calcio	6
2.3.2. Etefon	6
2.3.3. Etileno con carbón activado	7
3. MATERIALES Y METODOS	9
3.1. Ubicación del experimento	9

3.2. Condiciones ambientales	9
3.3. Periodo de estudio	9
3.4. Área experimental	9
3.5. Material experimental	11
3.6. Descripción de los tratamientos	11
3.7. Procedimiento de pre - aplicación y aplicación en campo	13
3.7.1. Evaluaciones previas a la aplicación de los tratamientos en campo	13
3.7.2. Método y orden de aplicación en el campo	15
3.8. Variables de respuesta	19
3.9. Diseño experimental y arreglo de tratamientos	21
3.9.1. Número de repeticiones y grados de libertad	21
3.9.2. Croquis y especificación del diseño de tratamientos	22
3.9.3. Modelo estadístico	22
3.10. Análisis estadístico	23
3.11. Análisis de costos de prácticas efectivas	23
4. CONCLUSIONES	30
5. RECOMENDACIONES	31
6. BIBLIOGRAFÍA	32
7. ANEXOS	35

LISTA DE CUADROS

Nº	Título	Página
Cuadro 1.	Descripción de los tratamientos a considerar para la inducción de la floración en piña (<i>Ananas comosus</i> var. <i>comosus</i>) en Finca La Virgen, 2018.	12
Cuadro 2.	Descripción de las variables a considerar en la investigación sobre alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (<i>Ananas comosus</i> var. <i>comosus</i>), variedad Dole 11 en Finca La Virgen, 2018.	19
Cuadro 3.	Peso estimado de planta al momento de la inducción floral artificial en piña (<i>Ananas comosus</i> var. <i>comosus</i>), variedad Dole 11 en Finca La Virgen, 2018.	24
Cuadro 4.	Eficacia de inducción floral artificial en la investigación sobre alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (<i>Ananas comosus</i> var. <i>comosus</i>), variedad Dole 11 en Finca La Virgen, 2018.	25
Cuadro 5.	Incidencia de mortalidad de plantas a los 63 ddf en la investigación sobre alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (<i>Ananas comosus</i> var. <i>comosus</i>), variedad Dole 11 en Finca La Virgen, 2018.	26

LISTA DE FIGURAS

Nº	Titulo	Página
Figura 1.	Representación de parcela experimental en la investigación sobre alternativas orgánicas para inducir la floración en el cultivo de piña (<i>Ananas comosus</i> var. <i>comosus</i>) de la variedad Dole 11 en Finca La Virgen, 2018.	10
Figura 2.	Identificación utilizada en las parcelas experimentales para evaluar alternativas orgánicas para inducir la floración en el cultivo de piña (<i>Ananas comosus</i> var. <i>comosus</i>) de la variedad Dole 11 en Finca La Virgen, 2018.	11
Figura 3.	Fragmento de hielo en forma de rombo utilizado como tratamiento para inducción floral artificial en piña (<i>Ananas comosus</i> var. <i>comosus</i>) en Finca La Virgen, 2018.....	12
Figura 4.	Comparación de altura y diámetro durante la estimación de peso de planta al investigar alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (<i>Ananas comosus</i> var. <i>comosus</i>), en la variedad Dole 11 en Finca La Virgen, 2018.	13
Figura 5.	Forma de pesar las plantas durante ejecución de peso de planta en la investigación de alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (<i>Ananas comosus</i> var. <i>comosus</i>), en la variedad Dole 11 en Finca La Virgen, 2018.	14
Figura 6.	Balancín utilizado durante ejecución de peso de planta en la investigación sobre alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (<i>Ananas comosus</i> var. <i>comosus</i>), en la variedad Dole 11 en Finca La Virgen, 2018.	14
Figura 7.	Equipo aspersor utilizado durante investigación de alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (<i>Ananas comosus</i> var. <i>comosus</i>), variedad Dole 11 en Finca La Virgen, 2018.	16

Figura 8. Termómetro utilizado para la medición de temperatura de agua fría en la investigación de alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (<i>Ananas comosus</i> var. <i>comosus</i>), variedad Dole 11 en Finca La Virgen, 2018.	17
Figura 9. Aplicación manual de hielo en el punto de crecimiento apical en la investigación de alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (<i>Ananas comosus</i> var. <i>comosus</i>), variedad Dole 11 en Finca La Virgen, 2018.	18
Figura 10. Aplicación del tratamiento de etileno con carbón activado en investigación de alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (<i>Ananas comosus</i> var. <i>comosus</i>), variedad Dole 11 en Finca La Virgen, 2018.	19
Figura 11. Corte longitudinal del tallo durante evaluación destructiva para medir el porcentaje de efectividad de inducción floral en piña (<i>Ananas comosus</i> var. <i>comosus</i>), variedad Dole 11 en Finca La Virgen, 2018.	20
Figura 12. Representación gráfica de estadios florales, utilizada para identificar las semanas post diferenciación floral en piña (<i>Ananas comosus</i> var. <i>comosus</i>), variedad Dole 11 en Finca La Virgen, 2018.	21
Figura 13. Distribución de réplicas y tratamientos en el área experimental de investigación sobre alternativas para inducir la floración en piña (<i>Ananas comosus</i> var. <i>comosus</i>), variedad Dole 11 en Finca La Virgen, 2018.	22
Figura 14. Plantas no diferenciadas durante evaluación destructiva para medir el porcentaje en investigación de alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (<i>Ananas comosus</i> var. <i>comosus</i>), variedad Dole 11 en Finca La Virgen, 2018.	27
Figura 15. Plantas diferenciadas durante evaluación destructiva en investigación de alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (<i>Ananas comosus</i> var. <i>comosus</i>), variedad Dole 11 en Finca La Virgen, 2018.	28

RESUMEN

Se evaluaron alternativas al uso de gas etileno para inducción floral en el cultivo de piña orgánica (*Ananas comosus* var. *comosus*) Dole 11 en Finca La Virgen, Costa Rica. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con siete tratamientos y cinco réplicas. Se evaluó la eficacia de una o dos aplicaciones (500 mL/planta) de agua fría a 5°C, así como una o dos aplicaciones (500 cm³) de cubos de hielo en el meristemo apical de las plantas como agentes inductores de floración. La efectividad de inducción floral con los agentes antes descritos se comparó con la aplicación de agua a temperatura ambiente y la aplicación de gas etileno acorde a la práctica comercial. Se determinó la efectividad de inducción floral artificial mediante muestreos ejecutados 21 días después de la fuerza (ddf), 28 ddf y 63 ddf. No se encontraron diferencias estadísticas ($p > 0.05$) entre el porcentaje de plantas que recibió aplicación de agua fría, así como hielo y las plantas tratadas con agua a temperatura ambiente (control absoluto). Todas las plantas aplicadas con gas etileno fueron inducidas a floración y la diferencia entre dicho tratamiento y los demás fue significativa ($p < 0.0001$). Los resultados obtenidos sugieren que las plantas tratadas con hielo y agua fría no causaron un nivel de estrés suficiente para estimular la biosíntesis de etileno endógeno y consecuentemente su diferenciación floral. Los resultados obtenidos indicaron que la aplicación de agua fría o la aplicación de hielo no son alternativas viables para la inducción floral artificial en el cultivo de piña Dole 11, bajo las condiciones climáticas en la región Huetar Norte de Costa Rica.

Palabras clave: etileno, agua fría, hielo, *Ananas*, inducción floral.

ABSTRACT

Alternatives to the use of ethylene gas for floral induction were evaluated in the Dole 11 organic pineapple crop at Finca La Virgen, Costa Rica. A randomized complete block experimental design with seven treatments and five replications was used. The efficacy of one or two applications (500 mL / plant) of cold water at 5 ° C, as well as one or two applications (500 cm³) of ice cubes in the apical meristem of the plants as flowering inducing agents, was evaluated. The effectiveness of flower induction with the agents described above was compared with the application of water at room temperature and the application of ethylene gas according to commercial practice. The effectiveness of artificial floral induction was determined by sampling carried out 21 days after forcing (ddf), 28 ddf and 63 ddf. No statistical differences were found ($p > 0.05$) between the percentage of plants that received cold water application, as well as ice and plants treated with water at room temperature (absolute control). All plants applied with ethylene gas were induced to flowering and the difference between said treatment and the others was significant ($p < 0.0001$). The results suggest that plants treated with ice and cold water did not cause a sufficient level of stress to stimulate endogenous ethylene biosynthesis and consequently its floral differentiation. The results indicated that the application of cold water or the application of ice are not viable alternatives for artificial floral induction in the cultivation of pineapple Dole 11, under the climatic conditions in the Huetar Norte region of Costa Rica.

Keywords : ethylene, cold water, ice, *Ananas*, floral induction

1. INTRODUCCIÓN

Costa Rica se ha convertido en el mayor exportador de piña del mundo, generando fuentes de trabajo para los habitantes de las zonas aledañas al área de producción. En el país existen dos formas principales de producción de piña: orgánica y convencional. Estas se diferencian, la primera, por el uso controlado de químicos y la segunda por la búsqueda de alternativas sostenibles y que ayuden a conservar el ambiente sin dejar residuos en las frutas, las cuales en su mayoría se destinan a la exportación como productos frescos. La piña es una fruta tropical que tiene alta demanda en el mercado interno costarricense, siendo de consumo en forma fresca o procesada en jugos, trozos congelados o jaleas. También los residuos del proceso industrial y las coronas se pueden utilizar como fuente nutricional en la alimentación animal.

El cultivo de piña presenta una serie de etapas que determina el comportamiento de la producción al llegar a cosecha. Según MAG (2010) el proceso de inducción floral es un procedimiento muy importante para obtener una cosecha con fruta uniforme donde es determinante la uniformidad y precisión de la aplicación del gas etileno (único medio efectivo actualmente para inducir la plantación de piña a la producción de fruta homogénea en un lote cultivado), por lo general, las aplicaciones del inductor floral son nocturnas para evitar la volatilización del etileno.

El etileno es un gas de origen natural, que se utiliza a nivel comercial para inducir y sincronizar la floración en piña, como lo menciona Aquino (2012), haciendo que, posteriormente, el tamaño y grado de las frutas sean como resultando más homogéneas, facilitando así la labor de cosecha.

El cultivo de piña orgánica presenta limitación en alternativas para lograr el proceso de inducción floral; es por ello por que surge la necesidad de encontrar opciones de solución que demuestren ante entes internacionales, particularmente en los mercados donde se vende la fruta que en Costa Rica se han orientado esfuerzos hacia la búsqueda de alternativas al uso de etileno en la inducción floral

artificial en piña orgánica. El ente responsable en los Estados Unidos de Norte América de establecer las normas para la producción orgánica certificada, tanto a nivel doméstico como internacional es el Programa Nacional Orgánico (N.O.P) por sus siglas en ingles.

Existen propuestas presentadas ante la NOP para que no se permita el uso de gas etileno como inductor floral en la producción orgánica certificada. La presente investigación tiene como propósito buscar alternativas promisorias para la inducción floral en el cultivo de piña orgánica certificada.

1.1. Objetivo General

- Identificar alternativas al uso de gas etileno para inducción floral artificial en el cultivo de piña orgánica certificada de la variedad Dole 11 en Finca La Virgen, Sarapiquí.

1.2. Objetivos específicos

- Determinar la eficacia de inducción floral al aplicar hielo y agua fría a 5 °C al punto de crecimiento apical de plantas de piña orgánica Dole 11.
- Enunciar las ventajas y desventajas operativas de las diferentes alternativas al uso de gas etileno para inducción floral en el cultivo de piña orgánica certificada de la variedad Dole 11.
- Determinar los costos de implementación de las prácticas alternativas que resulten efectivas al uso del gas etileno en la inducción floral en el cultivo de piña orgánica certificada de la variedad Dole 11.

1.3. Hipótesis de investigación

Al menos una de las alternativas propuestas es efectiva para inducir la floración en piña orgánica certificada de la variedad Dole 11.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Origen y distribución del cultivo

La piña es originaria de América del Sur, según el Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT, 2011) en la cuenca superior del Paraná entre los países de Brasil, Paraguay y Argentina.

2.1.1. Taxonomía del cultivo de piña

La piña (*Ananas comusus* var. *comusus*), es una planta que pertenece a la división Monocotiledóneas y a la clase Liliopsida dentro de la cual se encuentra la familia Bromeliaceae (Guzmán (sf).

Según Bartholomew *et al.* (2003), citado por Ortiz (2013), las piñas se agrupan en un solo género llamado *Ananas* con cinco variedades botánicas de la cual la de mayor importancia es la *comusus*.

2.1.2. Características de la planta de piña

Sánchez (2012) menciona que es una planta monocotiledónea, herbácea y perenne de porte bajo, con una base formada por la unión compacta de varias hojas formando una roseta. El tallo es fibroso y con hojas lanceoladas en forma de espiral. Presenta un sistema radical generalmente muy superficial, es por esto por lo que las raíces se pueden localizar en los primeros 15 centímetros del suelo.

2.1.3. Características del fruto de piña

La fruta del cultivo de piña presenta una característica muy especial, la cual es que las flores dan fruto sin necesidad de fecundación y del ovario hipogino se desarrolla un fruto en forma de baya, que en conjunto el eje de la inflorescencia y las brácteas, dan lugar a una infrutescencia carnosa llamada sincarpio. Esta se observa en las cubiertas cuadradas y aplanadas de los frutos individuales (Infoagro, 2018).

2.2. Floración en el cultivo de la piña

La flor en el cultivo de piña es una inflorescencia compuesta en forma de espiga que contiene de 100 flores a 200 flores, las inferiores preceden dos

semanas a las superiores, esto hace que la parte más baja de la fruta sea más dulce, como lo cita Sánchez (2012).

La sincronización de la floración es un aspecto muy importante en el cultivo de la piña, especialmente para el mercado fresco. Para tal objetivo se hace uso del etileno, muchas investigaciones han conducido sus experimentos para determinar el efecto de tratamientos de frío sobre la inducción floral y la producción de etileno Sánchez (2012).

Lin *et al.* (2009) realizaron experimentos para estudiar el efecto de cristales de hielo y agua fría sobre la inducción floral. En sus resultados demostraron que los tratamientos fríos no indujeron la floración y solo las aplicaciones con etileno dieron resultados significativos.

En San Carlos, Costa Rica, Torres (2006) propuso diferentes alternativas para inducir la floración en piña, dentro de estas, una consistía en aplicaciones de agua fría (5 °C), en sus resultados, ninguno de los tratamientos alternativos propuestos funcionó, mientras que las plantas del tratamiento convencional con gas etileno presentaron 100% de emergencia de brotes florales.

2.2.1. Condiciones ambientales para el cultivo de piña

Según INTAGRI (2018), la piña crece favorablemente en temperaturas de 20 °C a 30 °C, con 2,500 a 3,000 horas luz al año y precipitaciones mínimas de 1,200 mm a 1,500 mm, siendo necesarias para garantizar un crecimiento normal del cultivo. En los períodos secos, lo ideal es utilizar riego complementario para no detener su desarrollo y en condiciones de exceso de lluvia se debe realizar prácticas de buen drenaje de aguas y aireación del suelo ya que un suelo compactado conduce enfermedades de la raíz y una pobre absorción de nutrientes (INTAGRI, 2018).

El pH del suelo debe ser de 4,5 a 5,5, ya que un suelo con pH mayor a 6,0 está más propenso a problemas del hongo *Phytophthora* (INTAGRI, 2018).

El cultivo de la piña requiere, según Reyes (1999), condiciones favorables en altitud, que van desde 100 metros sobre el nivel del mar (msnm) hasta 600 msnm, aunque su desarrollo óptimo se da desde los 50 msnm a 200 msnm.

También existen condiciones del clima que favorecen la floración de manera natural como lo describe Pinto da Cunha (2005) es necesario una diferencia mínima entre las temperaturas diurnas y nocturnas para provocar esta floración, además del efecto de los días cortos. Otro factor podría ser el estrés por sequía, ya que también puede estimular la diferenciación floral debido a que la floración del cultivo de piña está controlada por el fotoperiodo, y no está directamente influenciada por el peso seco de la planta ni el metabolismo de la CAM (Pinto da Cunha, 2005)

2.2.2. Inducción de la floración en piña orgánica

Según Bogantes (2006), la floración natural (NDF por sus siglas en ingles) en las plantaciones comerciales de piña ocasiona grandes pérdidas económicas ya que cuando ocurre no se da una sincronización completa de la floración en la plantación y, por lo tanto, altera la cosecha. Para evitar estos inconvenientes se realiza la inducción artificial de la floración, cuando la planta logra su desarrollo y tamaño óptimo (Bogantes, 2006).

La diferenciación floral en piña se puede dar de dos formas, la inducción artificial (forzamiento por método con un compuesto químico) o por floración natural. La floración inducida artificialmente según el Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT 2011) depende de factores como la época de siembra, tipo de material de propagación empleado, el peso del material de propagación, el manejo de la plantación (tecnología) y el cultivar propagado.

En Costa Rica otros estudios se han inclinado también por la inhibición de la floración para lograr que las plantas tengan un peso lo más uniforme posible al momento de la inducción floral. Estos estudios no demostraron efectividad ya que la floración natural se presentó en plantas tratadas independientemente de las dosis utilizadas (Bogantes 2006).

Debido a la prohibición que presenta el uso de etileno para la inducción floral, Torres (2006) planteó utilizar agua fría a 5 °C. Los resultados mostraron que ninguno de los tratamientos alternativos propuestos funcionó, mientras que las plantas del tratamiento convencional con etileno presentaron 100% de emergencia de brotes florales.

2.3. Inductores químicos utilizados en plantaciones de piña y su modo de acción

Existen varios productos en el mercado para inducir la floración en piña, Sánchez (2012) menciona el Carburo de Calcio, Ethrel (Ácido 2-cloro-etil-fosfórico) y Etileno en forma de gas (C₂H₄)

2.3.1. Carburo de calcio

Sánchez (2012) menciona que el carburo de calcio también es conocido como acetileno, este producto al entrar en contacto con el agua reacciona violentamente desprendiendo calor y produciendo una alta presión por lo que es necesario preparar la dosis exacta y someterlo a agitación, para que el gas acetileno, producido en la reacción, se mezcle con el agua y evitar así su evaporación. Sánchez (2012) sugiere que se disuelva 50 gramos de carburo de calcio, en 15 litros de agua, en una bomba de 20 litros de capacidad, obteniendo la siguiente reacción química: $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{C}_2\text{H}_2$, aplicando esta solución con bomba de pulverizar que no tenga presión ni boquilla pulverizadora, dejando caer por gravedad 40 mL – 50 mL, de la solución, por cogollo de cada planta.

2.3.2. Etefon

Representado por (ácido 2-cloroetil fosfónico); compuesto soluble en agua que libera etileno dentro del tejido de la planta. Es el generador sintético de etileno más empleado en la agricultura, se puede aplicar a razón de 1 mL de Ethrel por litro de agua, cada planta puede recibir 50 mL de solución, aplicado o dirigido directo al cogollo, teniendo un inconveniente y es que podría disminuir el peso de los frutos y la acidez (Sánchez 2012).

2.3.3. Etileno con carbón activado

Asenjo *et al.*s.f, menciona que el etileno es la hormona producida por los frutos climatéricos y actúa como hormona de la maduración. El etileno (C₂H₄) es el gas más común utilizado para inducir la floración en piña; principalmente para realizar el forzamiento, el cual es volátil a temperatura ambiente. Para aplicar este producto lo ideal es hacerlo con un equipo aspersor, el cual cuenta con un tanque en el que el gas etileno se adhiere a partículas de carbón activado, haciendo una mezcla con el agua y esta solución se aplica sobre las plantas a una descarga de más de 2,500 litros/ha. La aplicación debe hacerse en la noche o en la madrugada, ya que se necesita un ambiente fresco para que el etileno se libere lentamente y pueda ser absorbido por la planta (MAG 2010).

Lin *et al.* (2009) encontraron en sus experimentos que el carbón activado no tenía un efecto significativo en el porcentaje de emergencia, sin embargo, pudieron demostrar que el carbón activado puede prolongar la liberación del acetileno hasta por 24 horas.

2.3.3.1. Efectos fisiológicos del etileno en las plantas

Según Rodríguez (2016) el etileno es considerado como la hormona de la maduración, por lo que se le atribuye las siguientes funciones:

- Favorece la epinastia de hojas, esta es la curvatura hacia abajo de las hojas, lo que hace el etileno es alterar el metabolismo de uno de los lados del peciolo de la hoja, creciendo el lado contrario y formándose una especie de gancho hacia abajo que inclina la hoja.
- Induce la expansión celular lateral por cambiar de posición las microfibrillas de las paredes de celulosa de las células, estas cambian hacia una orientación longitudinal y ponen fin a la dormancia de los brotes.
- Inicia la germinación de semillas.
- Induce la floración; especialmente en piña es utilizado a nivel comercial para inducir no sólo la floración sino también para sincronizar la cosecha final.

- Aceleración de la senescencia y caída de hojas y de flores, el etileno induce a la senescencia y la pérdida del color verde, sobre todo en la relación etileno/citoquininas que se encuentran en dicha zona de la planta.

2.3.3.2. Mecanismo de acción del etileno

El receptor del etileno se denomina ETR1, se trata de proteínas integrales de membrana con actividad histidina quinasa y capacidad de autofosforilarse. Con la unión del etileno al receptor se produce la autofosforilación del receptor en los residuos de Hys y la transferencia de estos fosfatos hacia residuos de aspartato, produciendo la activación del receptor, se inicia una cascada de señalización hacia otras proteínas reguladoras. La inactivación de un regulador negativo CTR 1 (que se hallaba inhibiendo a la proteína transmembrana EIN 2) es el resultado de la unión del etileno al receptor, por lo que la proteína EIN 2 cobra actividad, funcionando como un canal de iones (probablemente iones Ca^{2+}), lo que se traduce en una posterior activación del factor de transcripción EIN 3, que actúa a nivel genómico induciendo la expresión genética de proteínas efectoras (Asenjo *et al.*s.f)

2.3.3.3. Transporte del etileno

Como lo menciona Rodríguez (2016), el etileno puede producirse en cualquier parte de la planta, ya sea en hojas, frutos en maduración y otras; por ser un gas, se puede translocar fácilmente por toda la planta por medio de un proceso de difusión.

En experimentos realizados por Lin *et al.* (2009), se utilizaron tratamientos de frío para estimular mayores cantidades de producción de etileno. Demostraron que las puntas apicales tratados con cristales de hielo producen hasta el doble de etileno que las plantas control, sin embargo, en condiciones de campo las plantas tratadas con cristales de hielo o agua fría no fueron inducidas a la floración.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación del experimento

El estudio se llevó a cabo en la empresa Agroindustrial Piñas del Bosque S.A, Finca La Virgen, ubicada en el Distrito de La Virgen, del Cantón de Sarapiquí de la Provincia de Heredia, Costa Rica, en una plantación de primera cosecha. El área experimental está ubicada a 187 msnm en la latitud 10° 24' 06" N y longitud 84° 08' 18" O. Esta empresa se dedica a la exportación de piña tanto convencional como orgánica y cuenta con una extensión de 668 hectáreas de siembra efectiva.

3.2. Condiciones ambientales

Sarapiquí tiene un clima tropical, con estación seca y lluviosa. El invierno se presenta de mayo a enero o febrero y la estación seca de marzo a mayo, con algunas precipitaciones esporádicas ocasionadas por los frentes fríos del norte. La precipitación media anual es de 172 milímetros. La temperatura promedio es de 26 °C a 28 °C, la humedad relativa en promedio es de 80% - 90% y la radiación solar de tres a cinco horas diarias (CATUSA 2018).

3.3. Periodo de estudio

La investigación se realizó en el periodo comprendido entre setiembre del 2018 a noviembre del 2018.

3.4. Área experimental

El área total de este proyecto fue de 1,260 m², comprendió un total de 35 parcelas conformadas por cuatro camas de nueve metros de longitud, con siete tratamientos y cinco réplicas; fueron evaluadas cuatro hileras útiles con 25 plantas en siete metros efectivos por unidad experimental, dejando los bordes de parcela. El muestreo consistió en 500 plantas por tratamiento para un total de 3,500 plantas (Figura 1).

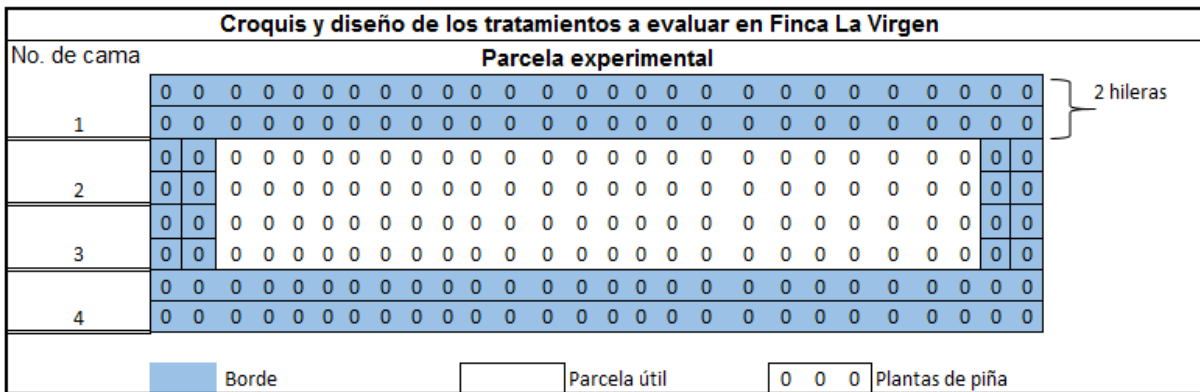


Figura 1. Representación de parcela experimental en la investigación sobre alternativas orgánicas para inducir la floración en el cultivo de piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) de la variedad Dole 11 en Finca La Virgen, 2018.

Cada parcela de nueve metros de largo por cuatro camas de ancho se demarcó con una cuerda “piola blanca” sostenida por estacas de bambú a 1,40 m de alto, para cercar el área experimental de cada parcela, lo que evitó errores durante la ejecución de las aplicaciones y las observaciones realizadas. La identificación de los tratamientos se hizo mediante el uso de placas metálicas de color azul con letras blancas (Figura 2).

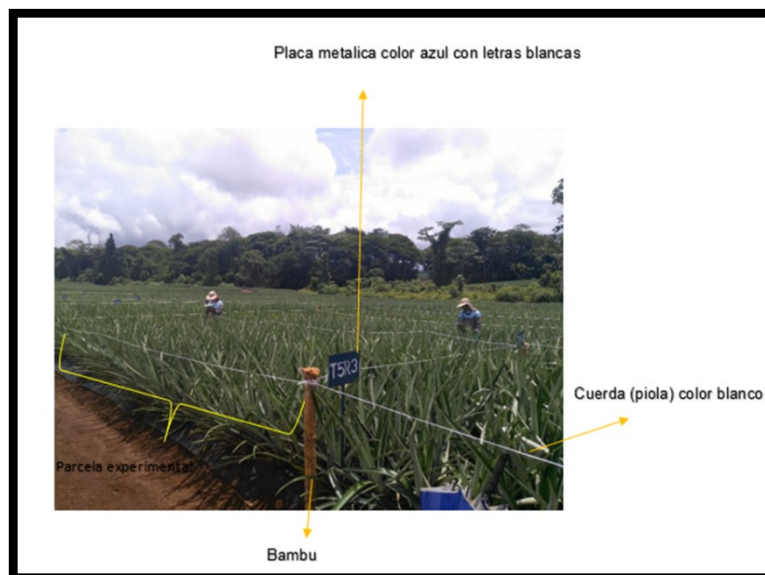


Figura 2. Identificación utilizada en las parcelas experimentales para evaluar alternativas orgánicas para inducir la floración en el cultivo de piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) de la variedad Dole 11 en Finca La Virgen, 2018.

3.5. Material experimental

La finca donde se llevó a cabo el experimento está cultivada de piña con insumos orgánicos certificados. El lote fue cultivado con piña de la variedad Dole 11, utilizando como material de siembra el denominado hijo guía. Las plantas que se utilizaron presentaron peso promedio de 2,69 kilogramos al momento del forzamiento y su edad fue de 29 semanas después de siembra.

3.6. Descripción de los tratamientos

Los tratamientos fueron siete en total, que comprendieron uno y dos ciclos de aplicación de agua a temperatura ambiente como testigo absoluto, uno y dos ciclos de aplicación de agua fría, uno y dos ciclos de aplicación de hielo en forma de rombo como se observa en la (Figura 3) y gas etileno como testigo comercial. Al momento

de instalación del estudio se realizó un conteo poblacional en cada unidad experimental



Figura 3. Fragmento de hielo en forma de rombo utilizado como tratamiento para inducción floral artificial en piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) en Finca La Virgen, 2018.

En el Cuadro 1 se describen los tratamientos utilizados durante la investigación, con el detalle respectivo y número de aplicaciones.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos a considerar para la inducción de la floración en piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) en Finca La Virgen, 2018.

Variables	Cantidad de aplicaciones	Temperatura °C	Volumen/ha	Cantidad / Planta	Dosis/ kg ha	Intervalo entre aplicaciones (horas)
Agua	1	Ambiente	32,000 l/ha	500 mL		
Agua	2	Ambiente	32,000 l/ha	500 mL		72
Agua fría	1	5 °C	32,000 l/ha	500 mL		
Agua fría	2	5 °C	32,000 l/ha	500 mL		72
Hielo	1			500mL		
Hielo	2			500 mL		72
Etileno + Carbon activado	2		7,000 l/ha	7,000 l/ha	3,5 + 40	72

3.7. Procedimiento de pre - aplicación y aplicación en campo

Una vez seleccionado el bloque y el área experimental, antes de iniciar la marcación e identificación de las parcelas en el campo se realizó una serie de evaluaciones para obtener datos reales del estado de la plantación antes del inicio de las aplicaciones. Dichas evaluaciones se describen en las secciones subsecuentes.

3.7.1. Evaluaciones previas a la aplicación de los tratamientos en campo

Se realizó una evaluación de peso inicial por planta (conocido como crop log) para lo cual se identificó por inspección visual la planta más grande y la planta más pequeña (Figura 4) ubicadas en las camas de borde (primera y cuarta cama de la unidad experimental). La altura de las plantas y el diámetro de la base del tallo se utilizaron como antenas de selección de las plantas.

Las plantas seleccionadas fueron removidas de la unidad experimental y su peso sin raíces (Figura 5) fue determinado con un balancín con capacidad de 6 kg (Figura 6). El peso de estas plantas de referencia (plantas clave), se utilizó para estimar el peso del resto de las plantas en la parcela de datos. La estimación de peso de planta se realizó una semana antes de la inducción floral.



Figura 4. Comparación de altura y diámetro durante la estimación de peso de planta al investigar alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (*Ananas comosus* var. *comosus*), en la variedad Dole 11 en Finca La Virgen, 2018.



Figura 5. Forma de pesar las plantas durante ejecución de peso de planta en la investigación de alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (*Ananas comosus* var. *comosus*), en la variedad Dole 11 en Finca La Virgen, 2018.



Figura 6. Balancín utilizado durante ejecución de peso de planta en la investigación sobre alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (*Ananas comosus* var. *comosus*), en la variedad Dole 11 en Finca La Virgen, 2018.

3.7.2. Método y orden de aplicación en el campo

El orden de aplicaciones fue de la siguiente forma: se inició con los tratamientos con agua a temperatura ambiente, luego las aplicaciones con agua fría y por último el forzamiento con etileno, estas fueron ejecutadas con un equipo aspersor, haciendo una descarga de lavado de las tuberías del equipo aspersor después de cada aplicación entre un tratamiento y otro. El tipo de boquilla que se utilizó para la aplicación fue Flood Jet KSS 27 (Tee Jet). Todas las aplicaciones se hicieron durante la noche en el horario de 7:00 pm a 9:00 pm.

Por otra parte, los fragmentos de hielo tipo rombo de 500 gramos se colocaron manualmente en el punto de crecimiento apical de cada planta.

También se anotó en una hoja de campo la temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del viento con un anemómetro (Anexo 1). Además, la temperatura de las plantas se midió con un termómetro infrarrojo marca Extech (Anexo 2).

3.7.2.1. Tratamiento con agua a temperatura ambiente

El tratamiento testigo consistió en un ciclo (tratamiento 1) o dos ciclos (tratamiento 2) de aplicación de agua a temperatura ambiente a razón de 500 mL por planta, con un intervalo entre ciclos de 72 horas, fue aplicado con un equipo aspersor, como se observa en la (Figura 7). Antes de cada aplicación de este tratamiento se tomó la temperatura del agua con un termómetro de mercurio.



Figura 7. Equipo aspersor utilizado durante investigación de alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (*Ananas comosus* var. *comosus*), variedad Dole 11 en Finca La Virgen, 2018.

3.7.2.2. Tratamiento con agua fría 5 °C

Este tratamiento consistió en un ciclo (tratamiento 3) o dos ciclos (tratamiento 4) de aplicación de agua fría a razón de 500 mL por planta, con un intervalo entre ciclos de 72 horas, aplicados con un equipo aspersor spray boom y antes de cada aplicación se tomó la temperatura con un termómetro de mercurio (Figura 8) para asegurarse que la temperatura estuviera a 5 °C.



Figura 8. Termómetro utilizado para la medición de temperatura de agua fría en la investigación de alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (*Ananas comosus* var. *comosus*), variedad Dole 11 en Finca La Virgen, 2018.

3.7.2.3. Tratamiento con hielo

El hielo fue aplicado manualmente utilizando un fragmento en forma de rombo correspondiente a 500 cm^3 como se puede ver en la Figura 9 sección A y B, esta aplicación se realizó por planta con un ciclo (tratamiento 5) o dos ciclos (tratamiento 6)

de aplicación dirigida al punto de crecimiento apical con un intervalo de 72 horas (sección C y D de la Figura 9).



Figura 9. Aplicación manual de hielo en el punto de crecimiento apical en la investigación de alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (*Ananas comosus* var. *comosus*), variedad Dole 11 en Finca La Virgen, 2018.

3.7.2.4. Tratamiento con etileno más carbón activado

El tratamiento Testigo comercial consistió en dos aplicaciones de gas etileno a razón de 3,5 kg/ha en combinación con 40 kg de carbón activado/ha en un volumen de 7,000 L/ha comercial). Estos tratamientos se aplicaron con un equipo aspersor cómo se observa en la Figura 10 cuya capacidad es de 5,678 litros y se realizó con un intervalo de 72 horas cada ciclo.



Figura 10. Aplicación del tratamiento de etileno con carbón activado en investigación de alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (*Ananas comosus* var. *comosus*), variedad Dole 11 en Finca La Virgen, 2018.

3.8. Variables de respuesta

Todas las variables evaluadas están relacionadas con los procesos de floración natural y artificial presentes en el cultivo de piña. En el Cuadro 2, se brinda el detalle de cada una de ellas, así como las unidades, el procedimiento de observación, la frecuencia y etapa de evaluación en cada unidad experimental.

Cuadro 2. Descripción de las variables a considerar en la investigación sobre alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (*Ananas comosus* var. *comosus*), variedad Dole 11 en Finca La Virgen, 2018.

Variable	Unidad	Instrumento	Procedimiento de observación	Frecuencia	*Etapa
Eficiencia de inducción (Muestreo destructivo preliminar)	%	Cuchillo - Hoja de campo	13 plantas de cada cama borde, la evaluación se realizó haciendo un corte a la mitad del tallo, observando la condición del punto de crecimiento.	1 vez	21 ddf
NDF	%	Hoja de campo	Observación conteo visual en el cogollo de las plantas	1 vez	28 ddf
Eficiencia de inducción	%	Hoja de campo	Observación conteo visual en el cogollo de las plantas	1 vez	63 ddf
Distribución de la Floración	%	Hoja de campo	Observación conteo visual en el cogollo de las plantas	1 vez	63 ddf
Mortalidad de plantas	%	Hoja de campo	Observación conteo visual cuantificación visual de cogollo	1 vez	63 ddf

* ddf= días después de fuerza

En el muestreo destructivo realizado a 21 ddf se determinó la efectividad de inducción haciendo un corte longitudinal en cada planta seleccionada, como se observa en la sección A y B de Figura 11, esto permitió identificar la prolongación del meristemo apical característica que confirma el inicio del proceso de floración.

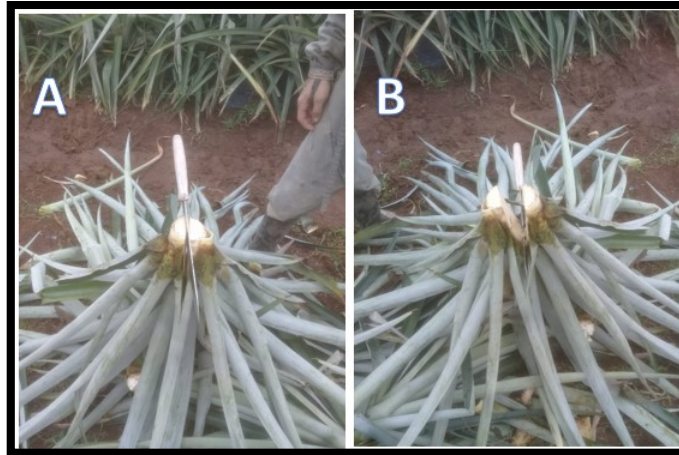


Figura 11. Corte longitudinal del tallo durante evaluación destructiva para medir el porcentaje de efectividad de inducción floral en piña (*Ananas comosus* var. *comosus*), variedad Dole 11 en Finca La Virgen, 2018.

La evaluación realizada a los 28 ddf se hizo por inspección visual evaluando las plantas de las hileras 1, 2,3 y 4, con el objetivo de cuantificar la presencia de plantas con NDF (fruta naturalmente diferenciada). La distribución de estadios florales se realizó por inspección visual a los 63 dd, utilizando como referencia la relación entre el estadio de desarrollo de la fruta y la edad de la misma (Figura 12).

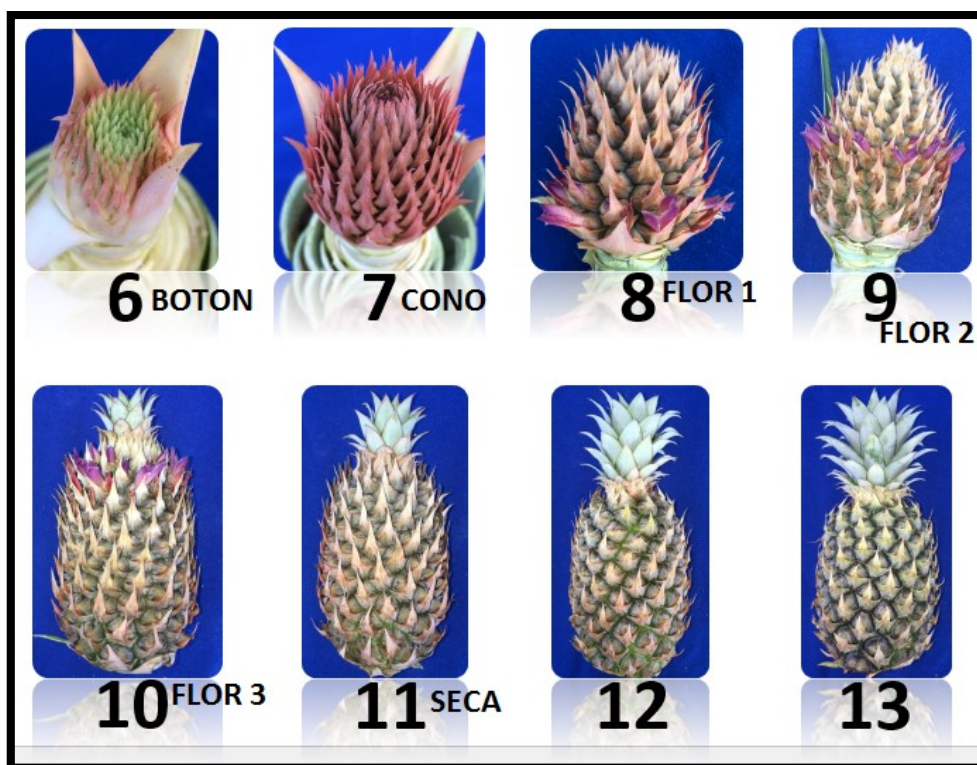


Figura 12. Representación gráfica de estadios florales, utilizada para identificar las semanas post diferenciación floral en piña (*Ananas comosus* var. *comosus*), variedad Dole 11 en Finca La Virgen, 2018.

Fuente: Alvarado Aguilar Berni Marcell, DOLE, Finca La Virgen, 2018.

3.9. Diseño experimental y arreglo de tratamientos

Se utilizó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar, conformado por siete tratamientos.

3.9.1. Número de repeticiones y grados de libertad

Esta investigación se realizó con cinco réplicas lo que correspondió a 24 grados de libertad.

3.9.2. Croquis y especificación del diseño de tratamientos

La asignación de los tratamientos a las unidades experimentales se realizó con ayuda de una tabla de números aleatorios, este orden se presenta en la (Figura 13).

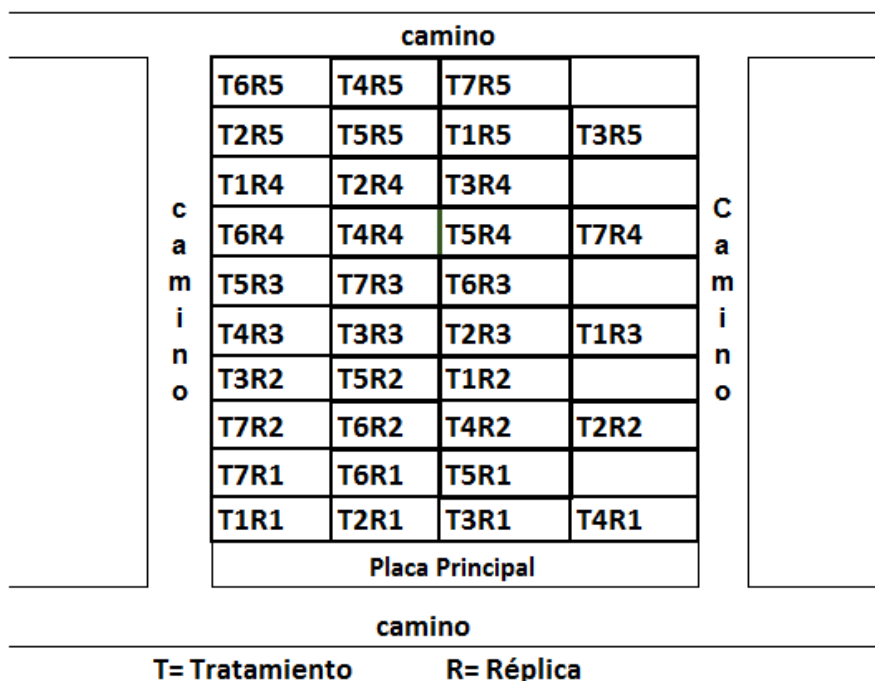


Figura 13. Distribución de réplicas y tratamientos en el área experimental de investigación sobre alternativas para inducir la floración en piña (*Ananas comosus* var. *comosus*), variedad Dole 11 en Finca La Virgen, 2018.

3.9.3. Modelo estadístico

El modelo estadístico y sus fuentes de variación utilizado en esta investigación fue:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Específicamente:

Y_{ij} : Variable dependiente (plantas paridas).

μ : Media

T_i: Tratamientos; i=1, 2, 3, 4, 5, 6,7

β_j: Bloque

ε_{ij}: Error experimental

3.10. Análisis estadístico

El análisis de la información se realizó con el programa estadístico Infostat, mediante un análisis de varianza homogéneo y un modelo lineal mixto con comparaciones múltiples de los datos obtenidos y la prueba de medias correspondiente.

3.11. Análisis de costos de prácticas efectivas

En el análisis no se procedió para el logro de este objetivo específico en vista de que no se determinó una alternativa efectiva al uso del etileno.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Peso de planta pre inducción

El peso promedio de planta al momento de inducción fue de 2,69 kg / planta.

Las plantas que recibieron dos ciclos de aplicación de agua a 5 °C y dos ciclos de aplicación de hielo tuvieron un peso ligeramente superior a las plantas de los otros tratamientos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Peso estimado de planta al momento de la inducción floral artificial en piña (*Ananas comosus* var. *comosus*), variedad Dole 11 en Finca La Virgen, 2018.

Tratamiento	Medias	E.E.	
T6 - 2 Aplicaciones de hielo	2,72	0,01	A
T4 - 2 Aplicaciones de agua a 5 °C	2,71	0,03	A
T5 - 1 Aplicación de Hielo	2,69	0,02	B
T1 - 1 Aplicación de agua a temperatura ambiente	2,68	0,03	B
T2 - 2 Aplicaciones de agua temperatura ambiente	2,68	0,02	B
T7 - 2 Aplicaciones de gas etileno	2,67	0,01	B
T3 - 1 Aplicación de agua a 5 °C	2,67	0,01	B
Peso Promedio	2,69		

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

4.2. Eficacia de inducción floral en piña con la aplicación de hielo

Transcurridos 21 días después del forzamiento se realizó la evaluación de eficiencia de inducción, los tratamientos a 1 y 2 aplicaciones de hielo dieron como resultado un cero por ciento de plantas inducidas. A los 28 días y 63 días después de forzamiento se realizaron las evaluaciones de floración, en los cuales se confirmó que el porcentaje de inducción floral fue de cero por ciento. Lo anterior sugiere las plantas que recibieron 1 y 2 aplicaciones de hielo no se indujeron como se observa en el (Cuadro 4), por lo que el hielo no causo un nivel de estrés suficiente para estimular la biosíntesis de etileno y consecuentemente no hubo diferenciación floral. Los resultados obtenidos indican que la aplicación de hielo no es una alternativa viable para la inducción floral artificial ya que no hay diferencia significativa entre los

tratamientos ($p > 0,05$) presentados en el cultivo de piña Dole 11 bajo las mismas condiciones climáticas para todos los tratamientos evaluados.

En la aplicación de estos tratamientos no se observó ninguna ventaja ya que fue la aplicación que con llevo un mayor costo por ha en esta investigación debido a la cantidad de mano de obra, materiales necesarios para realizar este ensayo en campo y alto costo energético para congelar los fragmentos de hielo.

Los tratamientos aplicados con la alternativa de hielo causaron un impacto negativo en la plantación de piña. El constante traslado de las personas entre la plantación aplicando el hielo, hizo que las plantas tratadas se maltrataran, provocando principalmente hojas quebradas y rompimiento del tejido, lo que favoreció el desarrollo de enfermedades como *Phytophthora* spp., aprovechando el estado fenológico de la plantación y posteriormente se dio la presencia de *Erwinia* spp.

Cuadro 4. Eficacia de inducción floral artificial en la investigación sobre alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (*Ananas comosus* var. *comosus*), variedad Dole 11 en Finca La Virgen, 2018.

Tratamiento	Medias	E.E	
T7 - 2 Aplicaciones de gas etileno	95,18	1,96	A
T6 - 2 Aplicaciones de hielo	1,09	0,68	B
T4 - 2 Aplicaciones de agua a 5 °C	0,85	0,60	B
T5 - 1 Aplicación de hielo	0,61	0,41	B
T3 - 1 Aplicación de agua a 5 °C	0,41	0,41	B
T2 - 2 Aplicaciones de agua temperatura ambiente	0,000	0,00	B
T1 - 1 Aplicación de agua a temperatura ambiente	0,000	0,00	B

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

Las plantas tratadas con 1 y 2 aplicaciones de hielo según la evaluación realizada a los 63 ddf presentaron la mortalidad más alta de este ensayo como se observa en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Incidencia de mortalidad de plantas a los 63 ddf en la investigación sobre alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (*Ananas comosus* var. *comosus*), variedad Dole 11 en Finca La Virgen, 2018.

Tratamiento	Medias	E.E	
T6 - 2 Aplicaciones de hielo	2,06	1,08	A
T4 - 2 Aplicaciones de agua a 5 °C	1,21	0,80	B
T5 - 1 Aplicación de hielo	1,2	0,81	B
T2 - 2 Aplicaciones de agua temperatura ambiente	0,81	0,38	B
T1 - 1 Aplicación de agua a temperatura ambiente	0,61	0,40	B
T3 - 1 Aplicación de agua a 5 °C	0,21	0,21	B
T7 - 2 Aplicaciones de gas etileno	0,2	0,20	B

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

4.3 Eficacia de inducción floral en piña con la aplicación de agua fría a 5 °C al cogollo de plantas de piña orgánica

A los 21 días después del forzamiento se realizó la evaluación de meristemas, los tratamientos que recibieron 1 y 2 aplicaciones de agua fría, dieron como resultado un cero por ciento de plantas inducidas. Transcurridos 28 y 63 días después del forzamiento se realizaron las evaluaciones de floración, en los cuales se confirmó que el porcentaje de inducción floral fue de cero por ciento, por lo que el agua fría no causo ningún efecto positivo para la liberación y producción de etileno en la plantación de piña orgánica variedad Dole 11 como se observa en la Figura 14.



Figura 14. Plantas no diferenciadas durante evaluación destructiva para medir el porcentaje en investigación de alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (*Ananas comosus* var. *comosus*), variedad Dole 11 en Finca La Virgen, 2018.

Durante la aplicación de estos tratamientos la ventaja que se observó fue que se pudo aplicar con un equipo aspersor por lo que se necesitó menor cantidad de mano obra comparada a los tratamientos de 1 y 2 aplicaciones de hielo.

Los tratamientos aplicados con esta alternativa tienen desventajas ya que requieren de una buena programación por el alto costo que conlleva para enfriar el agua y llevarla a 5 °C, además de estar en constante revisión de la temperatura para asegurarse que este a los grados requeridos cuando se va a aplicar en el campo, por lo tanto, no es una alternativa viable para lograr la estimulación suficiente para producir la inflorescencia.

4.4. Eficacia de inducción floral en piña con la aplicación de etileno

A los 21 días después de forzamiento se realizó la evaluación destructiva de meristemas, encontrando que el tratamiento de 2 aplicaciones con gas etileno, dio como resultado un cien por ciento de plantas inducidas. A los 28 días y 63 días después de forzamiento se realizaron las evaluaciones de floración, en las cuales se observaron los puntos de crecimiento (meristemo) alargado (Figura 15), lo que indica

que la eficiencia de inducción de las plantas de piña variedad Dole 11 en respuesta a la aplicación de gas etileno fue significativamente mayor ($p < 0.05$) que en el resto de los tratamientos como se observa en el Cuadro 4.



Figura 15. Plantas diferenciadas durante evaluación destructiva en investigación de alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (*Ananas comosus* var. *comosus*), variedad Dole 11 en Finca La Virgen, 2018.

En el tratamiento con 2 aplicaciones de gas etileno, se evidenció el poco o nulo maltrato que se le dio a la plantación de piña, ya que las aplicaciones fueron únicamente con un equipo aspersor, lo cual se observó una gran ventaja sobre las otras alternativas, evidencia de esto fue que el personal no debió ingresar a la plantación y las aplicaciones fueron realizadas en un menor tiempo comparado al tratamiento de 1 y 2 aplicaciones de hielo.

Esta alternativa para inducir la floración en plantas de piña presenta una desventaja ya que el equipo de inyección de gas podría tener una posible obstrucción en la tubería por congelamiento, esto producto de la alta presión de los cilindros de

etileno, esta posible consecuencia se puede mitigar con revisiones preventivas y se valida con el muestreo de eficiencia de fuerza a las 4 semanas.

Los costos para esta alternativa (inducción floral en piña con aplicación de etileno), son menores comparados a los tratamientos de 1 y 2 aplicaciones de agua fría, o a las aplicaciones de 1 y 2 de hielo, ya que con llevó menor cantidad de mano de obra y materiales.

El análisis total de costos no se ejecutó para el logro del objetivo específico en vista de que no se determinó una alternativa positiva al uso del etileno.

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos se pueden indicar que:

- Las plantas de piña tratadas con agua fría a 5 °C (1 y 2 aplicaciones) y aplicaciones con hielo dirigidos al punto de crecimiento (1 y 2 aplicaciones), no causaron el estrés necesario para la liberación de etileno endógeno.
Con este efecto transcurridos 63 días después de la aplicación no se observó diferenciación del meristemo apical como signo de efecto de la inducción floral. Por tanto, la aplicación de agua fría o hielo no son alternativas viables para causar la diferenciación floral en el cultivo de piña certificada orgánica.
- Las plantas de piña de la variedad Dole 11 tratadas con gas etileno (2 aplicaciones de gas etileno) presentaron 100% de inducción floral durante observación realizada a 21, 28 y 63 días posterior a la aplicación.
- El efecto mecánico producto de la movilización del personal entre la plantación ocasionó daños a los tejidos facilitando la entrada de patógenos como *Phytophthora* spp. Estos problemas se observaron con la aplicación de los tratamientos de 1 y 2 aplicaciones de hielo, por el traslado de los baldes entre la plantación.
- Dificultades para agilizar las aplicaciones en el campo fueron causados por los tratamientos de 1 y 2 aplicaciones de hielo, esto porque la eliminación de las bolsas fue muy meticulosa, por lo tanto, se requirió más mano de obra.

5. RECOMENDACIONES

1. Buscar otra alternativa al uso de las bolsas plásticas para congelar los fragmentos de hielo ya que es un gran causante de contaminación ambiental.
2. En otro posible ensayo hacer los fragmentos de hielo más alargados para que se dé un mejor contacto con el punto de crecimiento de la planta.
3. Medir la temperatura antes y después de las aplicaciones para determinar si hubo o no algún choque térmico después de la aplicación de los diferentes tratamiento y la plantación de piña.

6. BIBLIOGRAFÍA

Aquino, E. 2012. Funciones del Etileno. (en línea). Consultado 31 jul. 2018. Disponible en: <https://es.slideshare.net/kyohenry/etileno-15036835>

Asenjo, J; Morales, V; Sainz, M; Tapia, U. s.f. Producción de alcoholes volátiles durante maduración de los frutos (en línea). Consultado 23 jul. 2018. Disponible en: http://webs.ucm.es/info/cvicente/seminarios/maduracion_frutos.pdf

Bogantes, C.2006. Efecto de hormovit calor® como inhibidor del proceso natural de inducción floral temprana en plantas de piña (*Ananas comosus*) (l) merr en Venecia de San Carlos, Alajuela. Consultado el 3 de julio de 2019. Disponible en: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/5900/Efecto%20de%20hormovit%20calor%20como%20inhibidor%20del%20proceso%20naturala%20de%20inducci%20c3%b3n%20floral%20temprana%20en%20plantas%20de%20pi%20c3%b1a%20%28Ananas%20comosus%29%20%28l9%20merr%20en%20Venecia%20de%20San%20Carlos%2c%20Alajuela.p>

CATUSA (Cámara de Turismo de Sarapiquí, Costa Rica). 2018. Geografía y Clima (en línea). Consultado 26 jul. 2018. Disponible en: <https://www.sarapiqui.cr/es-es/sarapiqui/geografia-y-clima.html>

Guzmán, D. s.f. Cultivo de piña (*Annas comosus*): Fruticultura (en línea). Universidad Nacional de Agricultura. Departamento Académico de Producción Vegetal, Honduras, Editorial. Consultado 31 jul. 2018. Disponible en: <https://www.slideshare.net/1997dggg/el-cultivo-de-pia-honduras>

IIFT (Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, Cuba). 2011. Instructivo Técnico para cultivo de Piña. (en línea). Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales, Cuba. Consultado 22 jul. 2018.

Disponible en: http://www.actaf.co.cu/index.php?option=com_mtree&task=att_download&link_id=505&cf_id=24

InfoAgro (España). 2018. El cultivo de la Piña. (en línea). Madrid, España. Consultado 30 jul. 2018. Disponible en: http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/pina.htm

INTAGRI (México). 2018. Requerimientos de Fertilidad de Suelos para el Cultivo de la Piña. (en línea). Celaya, Guanajuato, México. Consultado 20 ene. 2019. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/frutales/requirimientos-de-fertilidad-de-suelo-para-pi%C3%B1a>

Lin, C.; Maruthasalam, S.; Shiu, L.; Lien, W.; Loganathan, M.; Yu, C.; Hung, S.; Ko, Y. y Chen, Y. 2009. Physical and chemical manipulation of flowering in pineapple. VI Simposio Internacional de Piña 2009. ISHS Acta Horticulturae 822. Consultado 21 jul. 2019. Disponible en https://www.actahort.org/books/822/822_13.htm

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería. Costa Rica). 2010. Manual de buenas prácticas agrícolas para la producción de piña (*Ananas comosus* L.) (en línea). San José, Costa Rica. 136 p. Consultado 21 jun. 2018. Disponible en: http://www.mag.go.cr/acerca_del_mag/index.html

Ortiz, M. 2013. Mejora de los procesos productivos en una finca cultivadora de piña mediante la aplicación de buenas prácticas agrícolas. Consultado en línea el 4 de julio de 2019. Disponible en <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/6788>

Pinto de Cunha, G.A. 2005. Applied Aspects of Pineapple Flowering. *Bragantia*: 64(4). Consultado 29 de jul. 2009. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S000687052005000400001&script=sci_artext

Reyes, R. 1999. Manual técnico: Buenas prácticas en el cultivo de la piña. Panamá. Consultado 29 de jul. 2018. Disponible en: <https://docplayer.es/5321436-Manual-tecnico-buenas-practicas-de-cultivo-en-pina.html>

Rodríguez, P. 2016. Hormonas vegetales (IV): etileno. (en línea). Consultado 22 jul. 2018. Disponible en: <https://www.infobiologia.net/2016/09/hormonas-vegetales-etileno.html>

Sánchez, J. 2012. Manual para la producción de una piña de calidad. (en línea). Consultado 23 jul. 2018. Disponible en: http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/f-taxonomia_plantas/f01-cultivo/2018/manual_produccion_pia.pdf

Torres, M. 2006. Alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (*Ananas cumosus*) (L.) Merr. Híbrido MD-2. Consultado 4 de jul. 2019. Disponible en: [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/5897/Alternativas%20orgánicas%20para%20inducir%20la%20floración%20de%20piña%20\(Ananas%20comosus\)%20\(L.\)%20Merr.%20Híbrido%20MD2.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/5897/Alternativas%20orgánicas%20para%20inducir%20la%20floración%20de%20piña%20(Ananas%20comosus)%20(L.)%20Merr.%20Híbrido%20MD2.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

7. ANEXOS

Anexo 1. Tablas para la toma de datos de temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del viento en la investigación alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) en Finca La Virgen, 2018.

Lunes 24 Setiembre 2018		
Tempratura del aire °C	Humedad Relativa	Velocidad del viento

Jueves 27 Setiembre 2018		
Tempratura del aire °C	Humedad Relativa	Velocidad del viento

Anexo 2. Tabla de campo para la toma de datos de temperatura de las plantas en la investigación alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) en Finca La Virgen, 2018.

Plantas	Cama	Hilera	Temperatura nocturna de las plantas °C
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			

Anexo 3. Tabla de campo para la toma Crop Log semana antes de la fuerza en la investigación alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) en Finca La Virgen, 2018.

Agroindustrial Piñas del Bosque S.A. Finca La Virgen
Muestreo de Crop Log
Proyecto de investigación

Variables a Evaluar								Variables a Evaluar								Variables a Evaluar								Variables a Evaluar							
Plantas	C	H	MG	G	M	P	MP	Plantas	C	H	MG	G	M	P	MP	Plantas	C	H	MG	G	M	P	MP	Plantas	C	H	MG	G	M	P	MP
1								1								1															
2								2								2															
3								3								3															
4								4								4															
5								5								5															
6								6								6															
7								7								7															
8								8								8															
9								9								9															
10								10								10															
11								11								11															
12								12								12															
13								13								13															
14								14								14															
15								15								15															
16								16								16															
17								17								17															
18								18								18															
19								19								19															
20								20								20															
21								21								21															
22								22								22															
23								23								23															
24								24								24															
25								25								25															

Nota: Muy Grande = MG Mediana= M Muy Pequeña=MP Cama= C
Grande= G Pequeña= P Hilera= H

Anexo 4. Formato de campo para la toma del muestreo preliminar destructivo a los 21 D.D.F en la investigación sobre alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) en Finca La Virgen, 2018.

Agroindustrial Piñas del Bosque S.A. Finca La Virgen					
Muestreo Preliminar destructivo de Inducción Floral a 21 D.D.F					
Proyecto de investigación					
Fecha:			Semana:		
Lote:			Año:		
Estado:			Anotador:		
Area:			Evaluador:		
Grupo de Fuerza					
Planta	Cama	Hilera	Variables		Observación
			Inducida	No inducida	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					

Anexo 5. Formato de campo para la toma del muestreo a los 28 D.D.F en la investigación alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) en Finca La Virgen, 2018.

Agroindustrial Piñas del Bosque S.A Finca La Virgen
Muestreo visual de floracion a 28 D.D.F (NDF)
 Proyecto de investigación

Fecha: _____
 Lote: _____
 Estado: _____
 Area: _____
 Grupo de
 Forza _____

Fecha: _____
 Semana: _____
 Año: _____
 Anotador: _____
 Evaluador: _____

Plantas	Cama	Hilera	Variables										
			No Inducida	Boton	Cono	Flor 1	Flor 2	Flor 3	Seca	Tierna	Sazon	Con grado	Pedunculo
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													

Anexo 6. Formato de campo para la toma del muestreo a los 63 D.D.F en la investigación alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) en Finca La Virgen, 2018.

Agroindustrial Piñas del Bosque S.A. Finca La Virgen
Muestreo visual de floracion a 63 DDF
Proyecto de investigación

Finca: _____
 Lote: _____
 Estado: _____
 Area: _____

Fecha: _____
 Semana: _____
 Año: _____
 Anotador: _____
 Evaluador: _____

Plantas	Cama	Hilera	Variables											
			No Inducida	Boton	Cono	Flor 1	Flor 2	Flor 3	Seca	Tierna	Sazona	Con grado	Pedunculo	
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														

Anexo 7. Formato de campo para la toma del muestreo de mortalidad en la investigación alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) en Finca La Virgen, 2018.

Agroindustrial Piñas del Bosque S.A. Finca La Virgen
Muestreo de mortalidad a 63 D.D.F
Proyecto de investigación

Finca: _____	Fecha: _____
Lote: _____	Semana: _____
Estado: _____	Año: _____
Area: _____	Anotador: _____
	Evaluador: _____

Plantas evaluadas	Cama	Hilera	Mortalidad				Observaciones
			Fusarium	Phytophthora	Erwinia	Espacios - Huecos	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							

Resolución de USA para uso de etileno en producción de piña orgánica



UPR 0066-2018

USDA-USA mantiene aprobación para uso de etileno en producción de piña orgánica

Los productores costarricenses de piña orgánica recibieron recientemente una buena noticia: la Instancia de Consulta Multisectorial Orgánica del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (NOBS por sus siglas en inglés) decidió, por unanimidad, mantener el uso del gas de etileno para la inducción floral, con lo cual se asegura la producción para mantener el abastecimiento del mercado estadounidense.

“La NOBS reconoció, específicamente, la importancia del uso de gas etileno como medida de manejo de plagas en el cultivo de la piña, así como la necesidad de uniformar la cosecha en campos de producción orgánica”, explicó Arturo Solórzano, director del Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología, INTA, y quien participó en la reunión como enviado oficial del Sector Agropecuario costarricense.

El gas de etileno se utiliza en el cultivo de la piña orgánica para inducir la floración y evitar, así la floración natural que genera frutas de diversos tamaños y atrae plagas al cultivo.

La NOBS también reconoció el trabajo articulado del sector oficial de Costa Rica con el sector productivo y se planteó ante la Directora General del Programa Orgánico del USDA, que el modelo de certificación de agricultura orgánica nacional sea reconocido por las instancias estadounidenses.

Por su parte, el director del INTA, pudo explorar posibilidades de alianzas para futuras investigaciones de productos que puedan emplearse en la producción orgánica de diversos cultivos.

Como dato de interés relevante, Costa Rica abastece el 95% del mercado de piña orgánica de Estados Unidos.

23 de noviembre de 2018

REBS

Teléfono 2231-2344 Ext. 468-243-254, Directo 2232-0639, Fax 2296-1735

Visite nuestro blog: www.prensamag.blogspot.com

Síguenos también en: Facebook y Twitter

