

**ALTERNATIVAS ORGÁNICAS PARA INDUCIR LA FLORACIÓN
EN PIÑA (*Ananas comosus*) (L.) MERR. HÍBRIDO MD-2**

MARCO VINICIO TORRES GONZÁLEZ

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

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

2006

**ALTERNATIVAS ORGÁNICAS PARA INDUCIR LA FLORACIÓN
EN PIÑA (*Ananas comosus*) (L.) MERR. HÍBRIDO MD-2**

MARCO VINICIO TORRES GONZÁLEZ

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

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

2006

**ALTERNATIVAS ORGÁNICAS PARA INDUCIR LA FLORACIÓN EN
PIÑA (*Ananas comosus*) (L.) MERR. HÍBRIDO MD-2**

MARCO VINICIO TORRES GONZÁLEZ

Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:

Ing. Agr. Zulay Castro Jiménez, M.G.A

Asesora

Ing. Agr. Sergio Torres Portugal, M.Sc

Jurado

Ing. Agr. Joaquín Durán Mora, M.Sc

Jurado

Ing. Agr. Fernando Gómez Sánchez, M.A.E

Coordinador de Trabajos Finales
de Graduación

Ing. Agr. Olger Murillo Bravo, M.Sc

Director de la Escuela de
Agronomía

DEDICATORIA

A mi señora esposa, a mi familia y a todas aquellas personas que día a día lo dedican buscando alternativas cada vez más sanas de aprovechar los recursos naturales para obtener el pan de cada día.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente a nuestro Señor Todopoderoso por brindarme la voluntad de despertar cada día con el objetivo de vivir y aprender en ese día una manera más de contemplar su majestuosidad.

A mi querida familia, por ser mi punto de apoyo y ejemplo en todo momento para enfrentar cualquier adversidad.

A mi amada esposa “Vicky”, por quien deseo seguir viviendo y luchando, por compartir mis dificultades y mis triunfos diariamente.

A mis excompañeros de estudio, por acompañarme en la lucha diaria para conseguir el saber.

Al cuerpo docente que participó en el proceso de mi formación profesional, quienes con su experiencia y sabiduría logramos descubrir una nueva forma de entender el mundo.

A la Ing. Zulay Castro Jiménez MGA, por su espíritu de colaboración y de superación quien me brindó apoyo continuo durante mi formación profesional.

Al señor Luis Badilla Arredondo “Don Luis” por brindarme abiertamente el apoyo necesario para la realización de este trabajo en la empresa El Tremedal S.A.

A todas aquellas personas que me brindaron su amistad y que no me permitieron desmayar en medio camino.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS	ii
TABLA DE CONTENIDO.....	iii
LISTA DE CUADROS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE ANEXOS.....	viii
RESUMEN.....	ix
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo general.....	2
1.2. Objetivos específicos	2
1.3. Hipótesis.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Importancia de la inducción floral.....	4
2.2. Condiciones ambientales para inducir la floración.....	4
2.3. Reseña histórica.....	5
2.4 Sustancias utilizadas para inducir la floración en piña.....	5
2.4.1. Acido alfa-naftalenoacético.....	5
2.4.2. Acetileno.....	6
2.4.3. Etileno.....	6
2.5. Intervalo forzamiento - aparición de la inflorescencia.....	7
2.6. Variables ecológicas relacionadas con la inducción de floración.....	7
2.6.1. Fotoperiodismo.....	8
2.6.2. Intensidad lumínica.....	8

2.6.3. Temperatura.....	9
2.7. Fitocromo y floración.....	9
2.8. Poliaminas.....	10
2.9. Biosíntesis del etileno.....	12
2.9.1. Vía de la metionina.....	12
2.9.2. Vía del alfa-ceto-metilbutirato.....	14
2.9.3. Principales enzimas que participan en la biosíntesis de etileno.	14
2.9.3.1. ACC – sintasa (ACCS).....	14
2.9.3.2. ACC – oxidasa (ACCO).....	15
2.9.4. El efecto de la luz en la biosíntesis del etileno.....	15
2.9.5. El efecto del dióxido de carbono en la biosíntesis de etileno.....	16
3. MATERIALES Y METODOS	18
3.1. Ubicación del experimento.....	18
3.2. Período de desarrollo del experimento	18
3.3. Condiciones ambientales.....	18
3.4. Condiciones generales durante el período experimental.....	18
3.4.1. Condiciones del área experimental	18
3.5. Diseño experimental	19
3.5.1. Diseño de bloques completos al azar.....	19
3.5.2. Tratamientos experimentales	20
3.5.3. Detalles de la parcela experimental	20
3.6. Variable evaluada	21
3.6.1. Emergencia del brote floral.....	21
3.7. Procedimientos de aplicación	21
3.7.1. Tratamiento con humo.....	21
3.7.2. Tratamiento agua fría con exposición a 100% de luz solar.....	22
3.7.3. Tratamiento agua fría con exposición a 30% de luz solar.....	23
3.7.4. Tratamiento con etileno.....	24
3.7.5. Recolección de datos	25
3.7.6. Labores culturales en el área experimental.....	25

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1. Efectividad de inducción floral en piña con ambiente humo	26
4.2. Efectividad de inducción floral en piña con agua fría en plantas expuestas a 100% de luz solar	26
4.3. Efectividad de inducción floral en piña con agua fría en plantas expuestas a 30% de luz solar	27
4.4. Efectividad de inducción floral con etileno.....	28
5. CONCLUSIONES.....	30
6. RECOMENDACIONES.....	33
7. BIBLIOGRAFÍA	34
8. ANEXOS	36

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Titulo	Página
1	Número de inflorescencias emergidas en cinco tratamientos durante 6 períodos de observación en experimento sobre alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (<i>Ananas comosus</i>). Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos. 2004.	25

LISTA DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Resumen esquemático de la biosíntesis de poliaminas en plantas. Tomado de Seminario Las poliaminas y su estado actual en la fisiología vegetal (Ávila 2004).	11
2	Resumen esquemático de la biosíntesis del etileno en plantas. Tomado de Seminario Las poliaminas y su estado actual en la fisiología vegetal (Ávila 2004).	13
3	Representación de una parcela experimental en la investigación sobre alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (<i>Ananas comosus</i>). Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos. 2004.	19
4	Distribución de parcelas y tratamientos en experimento sobre alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (<i>Ananas comosus</i>). Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos. 2004.	20
5	Bomba de apicultura empleada para la aplicación de humo de bagazo de caña (<i>Saccharum officinarum</i>) en experimento sobre alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (<i>Ananas comosus</i>). Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos. 2004.	21
6	Momento durante aplicación del tratamiento de agua fría (antes del anochecer) en plantas de piña (<i>Ananas comosus</i>), en experimento sobre alternativas orgánicas para inducir la floración. Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos. 2004.	22
7	Colocación de sarán en parcelas de tratamiento agua fría y exposición de plantas a 30% de luz solar en experimento sobre alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (<i>Ananas comosus</i>). Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos. 2004.	23
8	Momento de aplicación de tratamiento de agua fría y exposición de plantas a 30% de luz solar (antes del anochecer) en plantas cubiertas por sarán en experimento sobre alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (<i>Ananas comosus</i>). Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos. 2004.	23

LISTA DE ANEXOS

Anexo	Título	Página
1	Datos de temperatura diurna y nocturna en grados centígrados durante el período experimental (mayo a julio del 2004). Tomado del registro de temperatura diaria en Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos. 2004.	35
2	Datos de precipitación diaria durante el período experimental (mayo a julio del 2004). Tomado del registro de precipitación diaria de Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos. 2004.	37
3	Formato de campo utilizado para la toma de datos cada cinco días en experimento sobre alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (<i>Ananas comosus</i>). Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos. 2004.	38
4	Formato de campo utilizado para resumir los datos de las observaciones realizadas en experimento de alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (<i>Ananas comosus</i>). Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos. 2004.	39
5	Análisis de varianza realizado a brotes florales emergidos en el experimento sobre alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (<i>Ananas comosus</i>) en Finca El Tremedal S.A, Venecia, San Carlos. 2004.	40
6	Valores de los grados de libertad según el modelo estadístico de bloques completos al azar aplicado en experimento sobre alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (<i>Ananas comosus</i>). Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos. 2004.	41

RESUMEN

Debido a la prohibición que presenta el uso de etileno para inducir la floración en piña (*Ananas comosus*) bajo técnicas orgánicas de producción, principalmente para mercados europeos y al aumento de la contaminación ambiental causada por el uso de este compuesto, se planteó la investigación con el propósito de encontrar otra alternativa para inducir la floración en piña. Las alternativas propuestas consistieron en saturación con humo producto de la combustión del bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*); tres aplicaciones consecutivas de agua fría (5° C) una cada día durante tres días y con plantas expuestas a 100% de luz solar; tres aplicaciones consecutivas de agua fría (5° C) una cada día durante tres días y con plantas cubiertas por sarán con efecto de sombra de 70% expuestas a 30% de luz solar; una aplicación convencional de etileno y un tratamiento testigo (no tratado).

El experimento se realizó en Finca productora y exportadora de piña El Tremedal S.A, en Venecia de San Carlos, Alajuela, Costa Rica, durante el período de mayo a julio del 2004, época de temperatura ambiental promedio superior a 25° C.. Se aplicaron cinco tratamientos de inducción floral con cuatro repeticiones comprendidos en bloques completos al azar, en parcelas constituidas por 84 plantas, de las cuales 20 conformaron la parcela útil. Transcurridos 45, 50, 55, 60, 65 y 70 días, se cuantificó la cantidad de brotes florales emergidos y el respectivo análisis indicó rechazo de la hipótesis planteada, porque ninguno de los tratamientos alternativos propuestos funcionó, mientras que las plantas del tratamiento convencional con etileno presentaron 100% de emergencia de brotes florales.

Palabras clave: Piña (*Ananas comosus*); híbrido MD-2; inducción de floración; alternativas orgánicas.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos 5 años del siglo XX y durante los primeros años del siglo XXI, la actividad agrícola ha dado un giro bastante significativo, en lo que se refiere a las revolucionarias técnicas de producción. Últimamente se ha despertado el interés principalmente de pequeños y medianos productores agrícolas y de muchas entidades investigadoras, de transformar las técnicas convencionales de producción (que son de alto costo y poco compatibles con el equilibrio ecológico) a técnicas de producción más sostenibles y conservacionistas del equilibrio ecológico.

La agricultura orgánica es el modelo de producción que cumple con muchas expectativas de producir sosteniblemente. Por lo tanto exige la búsqueda de nuevas y mejores técnicas de manejo en cada fase de desarrollo del cultivo.

Específicamente en el cultivo de piña orgánica, que requiere de prácticas sofisticadas y estrictas tales como la inducción de la floración, de la cual depende la reducción del ciclo del cultivo, la homogeneidad de la cosecha y la programación de la misma, se hace necesario el uso de etileno como inductor de la floración.

El etileno es uno de los tantos hidrocarburos derivados del petróleo que se produce durante el proceso de refinamiento del mismo, el cual se está reemplazando debido a los riesgos en su utilización dado que es un compuesto químico inflamable. Además, el proceso de refinamiento del petróleo implica un gran impacto ambiental al colaborar con el aumento de la polución aérea.

El etileno reacciona con el ozono atmosférico produciendo agua, dióxido de carbono, monóxido de carbono y formaldehído. Por lo tanto, esta reacción al contribuir con la contaminación aérea logra reducir el ozono atmosférico facilitando la entrada de mayor radiación ultravioleta.

Según información de la Agencia de Protección Ambiental (EPA), el riesgo de salud al utilizar etileno (listado por la Defensa Medioambiental) es su acción

neurotóxica sospechosa en niveles relativamente altos de ingestión e inhalación (20 mg/m³). Por lo que es necesario buscar nuevas alternativas que reemplacen la utilización de sustancias químicas sintéticas y que sean válidas por parte de las distintas agencias certificadoras orgánicas existentes.

La práctica de inducción floral es imprescindible en el cultivo comercial de piña sea convencional u orgánica. Por tal motivo la presente investigación está inspirada en la necesidad de encontrar alternativas de solución al problema de la inducción floral artificial en piña orgánica, la cual estará basada en los siguientes objetivos:

1.1. Objetivo general

Identificar nuevas alternativas orgánicas de inducción floral artificial en piña (*Ananas comosus*).

1.2. Objetivos específicos

1. Determinar la efectividad de la utilización de ambiente humo como inductor de floración en piña.
2. Determinar la efectividad de la utilización de agua fría como inductor de floración en piña.
3. Determinar la efectividad de la prolongación de la oscuridad como inductor de floración en piña.
4. Determinar la duración del período del forzamiento con cada método utilizado hasta la aparición de la inflorescencia en el cono de la planta.
5. Determinar las ventajas y desventajas de los procesos inductores de la floración investigados.

1.3. Hipótesis.

Es efectiva al menos una de las alternativas propuestas para inducir la floración en piña (*Ananas comosus*) en el experimento sobre alternativas orgánicas para inducir la floración en piña en Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos. 2004.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Importancia de la inducción floral.

Uno de los aspectos más importantes en la producción de piña es la inducción floral, pues, la uniformidad de su producción depende de esta práctica. Según Jiménez (1996), una buena inducción floral es aquella que logra que el 95% de las plantas inicien su diferenciación.

La inducción floral depende de muchos factores: densidad de población, edad y peso de las plantas, época del año, nivel de nitrógeno en la planta, temperatura ambiental, hora del día, variedad, dosis y volumen de aplicación del agente inductor y ubicación geográfica (Jiménez 1996).

Castro (1982), menciona varias ventajas de la inducción floral: acorta el ciclo vegetativo de la planta, permite sincronizar y uniformar la floración y fructificación, facilita el financiamiento, ayuda a planear o programar la cosecha, permite el ahorro de mano de obra para realizar la cosecha, permite regular la oferta y asegurar un flujo continuo de fruta.

2.2. Condiciones ambientales para inducir la floración.

INRA (1994) citado por Morales (2001), sugiere que al momento de aplicar el inductor floral la temperatura ambiental debe ser inferior a 25° C. La aplicación se debe realizar en horas frescas de la mañana o al atardecer, debido a que en horas de día, cuando hay abundante luz solar, las aplicaciones no son efectivas.

La parición o iniciación floral inicia aproximadamente 45 días después de la aplicación del inductor de floración según Castro (1982), quien recomienda aplicar el inductor de floración en condiciones libres de lluvia y viento. También menciona que las plantas de piña que se van a inducir deben poseer un peso cercano a los 2,2 kg (2,200 g) y tener buen desarrollo foliar, el cual se alcanza entre 7 y 8 meses después de la siembra.

2.3. Reseña histórica.

La inducción de floración en piña (*Ananas comosus*), se obtuvo por primera vez y accidentalmente en los invernaderos de los Azores, gracias al humo de un fuego de leña. Para conseguir una utilidad práctica de este descubrimiento, los cultivadores puertorriqueños ensayaron diferentes métodos para el ahumado de sus plantaciones. De los métodos ensayados para el ahumado en Puerto Rico en los que se obtuvieron mejores resultados fueron los que consistían en cubrir las plantas con campanas o lonas y encender fuegos de leña debajo (Py 1969). Poco a poco observaron que el constituyente activo del humo era el etileno y que otros gases de los hidrocarburos no saturados como el acetileno, daban idénticos resultados (Py 1969). Para facilitar el empleo del acetileno, se disuelve el gas en agua, y se aplica al corazón de la roseta de hojas, o se aplican directamente algunos fragmentos de carburo de calcio que en contacto con el agua dan nacimiento al gas (Py 1969).

Posteriormente, investigadores hawaianos se dedicaron a estudiar las hormonas de crecimiento, comenzando por el ácido alfa-naftalenoacético (ANA), ácido indolacético (AIA) e indolbutírico (AIB), derivados del ácido clorofenoxiacético y más recientemente con los derivados de la beta-hidroxietil-hidracina (BOH) (Py 1969).

2.4 Sustancias utilizadas para inducir la floración en piña.

Entre las sustancias disponibles en el mercado para inducir la floración en piña están: ácido alfa-naftalenoacético, acetileno y etileno principalmente.

2.4.1. Acido alfa-naftalenoacético.

El ácido alfa-naftalenoacético (ANA) es una fitohormona que se encuentra en el mercado con el nombre comercial de Phymone (Quirós 1989).

Barahona (1984), recomienda aplicar 25 g/200 litros de agua para 6700 plantas, a razón de 25 cc de solución por planta. Esta hormona es fotosensible, por

lo tanto se recomienda hacer las aplicaciones en las primeras horas de la mañana o en las últimas horas de la tarde (Quirós 1989).

2.4.2. Acetileno.

Se le encuentra en el mercado con el nombre de carburo de calcio; puede ser formulado como piedras pequeñas o en estado gaseoso (Quirós 1989).

Py (1969) sugiere la adición de 200 a 240 g de carburo de calcio en un recipiente de 100 litros, lleno en sus $\frac{3}{4}$ partes, empleando agua con la temperatura más baja posible, debido a que el gas es más soluble cuanto más baja es la temperatura.

Salazar y Ríos (1971), citados por Quirós (1989), observaron que la solución de acetileno se descompone rápidamente y sólo tiene efecto en ausencia de luz, por lo que hay que aplicarlo en horas de la noche.

2.4.3. Etileno.

El etileno es un inhibidor del crecimiento de las yemas, por lo tanto debe tener una influencia reguladora de la dominancia apical. Este compuesto se produce en los tejidos meristemáticos donde también se produce auxina, lo que parece indicar que el ácido indolacético (AIA) regula la formación de etileno en el tallo (Palma 1995). La metionina es el precursor natural del etileno. Este es un aminoácido que contiene azufre (Rojas y Ramírez 1987). Se ha demostrado que al tratar tanto el fruto como los tejidos con metionina se acelera considerablemente la producción de etileno (Palma 1995).

Se ha encontrado que concentraciones bajas de AIA y de otras auxinas inducen la formación de etileno en los frutos, semillas, raíces y hojas de todas las plantas que se han estudiado. Existe la posibilidad de que la mayoría de los efectos inhibidores de las concentraciones elevadas de auxina sean debidos a las cantidades excesivas de etileno que se forma en cantidades anormales de auxina (Palma 1995).

El etileno sintético es un gas ($C_2 H_4$), subproducto del petróleo. Se puede utilizar saturando el agua con el etileno, con ayuda de una bomba de presión. La aplicación se lleva a cabo con asperjadoras mecánicas de gran volumen y los mejores resultados se obtienen de noche. Se aplican 50 a 100 mililitros de solución en el corazón de la roseta de cada planta (Quirós 1989).

En el mercado existen productos que liberan etileno después de aplicados, tal es el caso de Ethrel (etefón). Se mezcla 0,5 a 1,0 litros de producto comercial con 20 a 49 kg de urea en 1000 a 2000 litros de agua, suficiente para aplicar a una hectárea de plantación. El Ethrel también se puede utilizar de 100 a 200 ppm, aplicando 50 mililitros/planta. La aplicación de Ethrel debe hacerse en horas de la mañana (Quirós 1989).

2.5. Intervalo forzamiento - aparición de la inflorescencia.

Castro (1982), coincide con Guido (1983) citado por Quirós (1989) en que bajo las condiciones agroclimáticas de la Zona Norte de Costa Rica, después de la aplicación de etefón transcurren alrededor de 40 y 65 días para que aparezca la inflorescencia, dependiendo de la variedad de piña tratada.

Das y Baruah (1985) citado por Quirós (1989), mencionan que de 40 a 45 días después de la aplicación de una solución de acetileno aparece la inflorescencia en el corazón de la roseta de hojas en piña.

Quirós (1989), también cita que Cibes y Nieves (1965) mediante una prueba efectuada con beta-hidroxietilhidracina (BOH) obtuvieron floraciones en piña a los 66 días después del tratamiento usando concentraciones de 0,06%. Utilizando el mismo compuesto en la variedad Española Roja, la inflorescencia aparece a los 48 días después del tratamiento a concentraciones de 0,06 a 0,12%.

2.6. Variables ecológicas relacionadas con la inducción de floración.

2.6.1. Fotoperiodismo.

En diversas fuentes se ha reportado que un día corto es aquel con menos de 12 horas luz; un día neutro es aquel que presenta entre 12 y 14 horas luz y un día largo es aquel con más de 14 horas luz. La duración del día tiene una acción determinante sobre la duración del ciclo de la piña. Se puede precisar que la sucesión de largos períodos oscuros es lo que induce la floración, pues, basta romper la oscuridad de la noche a su mitad, con una hora de iluminación para anular los efectos de las noches largas (Py 1969). Existen algunos cultivares de piña como la Cabezona, que responden débilmente a las variaciones en la duración del día, sin embargo, se ha podido impedir la floración de dicho cultivar prolongando el período diurno (Py 1969).

Las plantas de día corto como la piña, florecen cuando la longitud del día es inferior a cierta longitud crítica (menor de 12 horas luz). Las condiciones de luz que superen esta longitud crítica, mantendrán a las plantas de día corto en estado vegetativo. La longitud crítica del día es distinta según la especie (Palma 1995).

Aunque la longitud del fotoperíodo no tenga ninguna influencia sobre la aparición de flores, sí la tiene sobre el aumento en el número de estas. La longitud del período de oscuridad determina la iniciación real de los primordios florales que van a ser producidos y la longitud del período de luz determina el número de primordios florales que van a ser producidos (Palma 1995).

2.6.2. Intensidad lumínica.

La intensidad de luz puede tener efectos indirectos con la iniciación de la floración, por ejemplo, sobre la regulación de la cantidad de azúcares que se transportan a las regiones meristemáticas, capaces de iniciar los primordios florales (Palma 1995).

2.6.3. Temperatura.

Se ha considerado con frecuencia que un descenso de la temperatura podría provocar la floración en piña. Growing, citado por Py (1969) indica que no se ha conseguido evidenciar este fenómeno en la variedad Cayena, sin embargo, muestra que cuando la prolongación de los períodos oscuros se acompaña por un descenso de la temperatura, la diferenciación de la inflorescencia se adelanta, explicando que este poder se atribuye a la temperatura, pues, la floración es más temprana en lugares de altitud que en los situados en las cercanías del nivel del mar.

Debido a que la floración es siempre mucho más regular y completa en altitud que al nivel del mar, cualquiera que sea el desarrollo de la planta, se puede pensar que un descenso de la temperatura puede, en ciertos casos, no sólo avanzar la floración sino incluso obrar efectivamente sobre ella acentuando la acción de largos períodos oscuros (Py 1969).

2.7. Fitocromo y floración.

La absorción de luz, activa la molécula absorbente, seguida por una serie de reacciones fotoquímicas que conducen a una respuesta general de la planta. El pigmento que interviene en este proceso se denomina fitocromo, que es una proteína pigmentaria de los vegetales, con un grupo prostético cromóforo (átomos no saturados que colorean el pigmento) y tiene un peso molecular de 600 g/mol. El fitocromo parece estar localizado en las membranas celulares donde absorbe luz (Palma 1995).

El fitocromo puede existir en dos formas: Una absorbente de la luz roja y otra absorbente de la radiación infrarroja. Las dos formas son interconvertibles fotoquímicamente (Palma 1995).

La molécula de fitocromo tiene un núcleo tan reactivo que puede cambiar de estructura espacial al absorber la energía lumínica. De modo esquemático puede decirse que el fitocromo en estado no activado es capaz de absorber la energía de la luz roja de 660 nanómetros pasando a otra estructura que le confiere gran

actividad (estado de excitación). Cuando el fitocromo revierte a su estado no activado, la energía contenida en la molécula se libera y actúa de modo no conocido sobre la represión y desrepresión génica, de modo que se sintetizan hormonas que llevan a la floración; lo mismo sucede con otros fenómenos del desarrollo, al estar en interacción con los niveles de ácido giberélico y ácido absísico (Garcidueñas y Ramírez 1987).

La administración de luz roja aminora la absorción del rojo y eleva la absorción de ondas infrarrojas; mientras que la administración de ondas infrarrojas produce los cambios inversos. En la planta de día corto, la absorción de luz roja durante el largo período inductivo de oscuridad impide la floración, mientras que la absorción de ondas infrarrojas después de la absorción de luz roja en la región del espectro induce de nuevo la floración. El fitocromo puede estar presente en todas las plantas. Se distribuye en raíces, tallos, hipocótilos, cotiledones, coleótilos, limbos de hojas, peciolo, yemas vegetativas, frutos en desarrollo, receptáculos, flores e inflorescencias (Palma 1995).

2.8. Poliaminas.

En la actualidad se ha comprobado que las poliaminas y los conjugados amídicos de las mismas juegan un papel importante en el desarrollo de la floración. Estos son compuestos nitrogenados contenidos en las células vegetales que ya son reconocidos y clasificados como reguladores del crecimiento en plantas, los cuales se unen con facilidad a fosfolípidos, a ácidos nucleicos, a proteínas y a la pared celular; es posible que desde ahí sea donde las poliaminas ejercen los efectos fisiológicos (Ávila 2004).¹

Las poliaminas se caracterizan por: ser moléculas policatiónicas, presentan bajo peso molecular, se clasifican como aminas primarias alifáticas y presentan varios grupos amino que a pH fisiológico se encuentran protonados (Ávila 2004).¹

¹ Tomado de Seminario "Las poliaminas y su estado actual en la fisiología vegetal" (Ávila 2004).

Las principales poliaminas con efecto estimulante son la putrescina, espermina y la espermidina; la arginina es el precursor de la primera, mientras que la metionina es el precursor de las dos últimas (Tecnilasa 2003). En las plantas su biosíntesis comienza con la descarboxilación del aminoácido ornitina por la enzima ornitina descarboxilasa (ODC) formando putrescina. Alternativamente, la arginina es descarboxilada por la arginina descarboxilasa cual es luego transformada en putrescina (Figura 1).

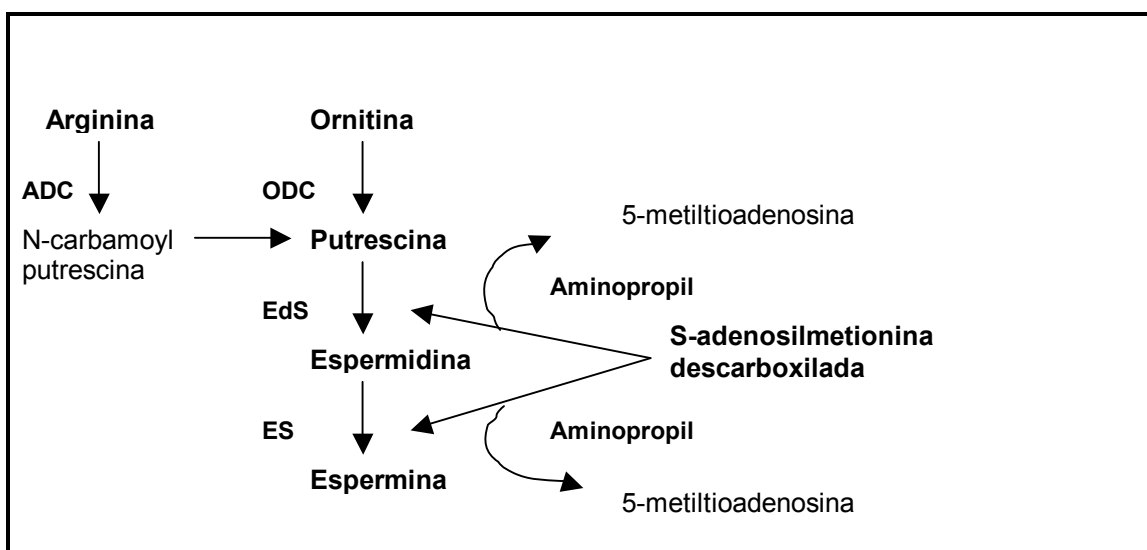


Figura 1. Resumen esquemático de la biosíntesis de poliaminas en plantas. Tomado de Seminario Las poliaminas y su estado actual en la fisiología vegetal (Ávila 2004).

Posteriormente, dos grupos aminopropilo son adicionados sucesivamente a la putrescina por la espermidina sintasa y la espermina sintasa produciendo espermidina y espermina respectivamente. Los grupos aminopropilo provienen de la S-adenosilmetionina descarboxilada, la cual es producida por la enzima S-adenosilmetionina descarboxilasa (Avila 2004).²

Las poliaminas se encuentran en exudados de floema y xilema. Son auxiliares en mantener la estructura y la funcionalidad de la membrana celular para evitar pérdidas de líquidos y compuestos, esta acción es contraria a la que ejerce el etileno

² Tomado de seminario "Las poliaminas y su estado actual en la fisiología vegetal"(Ávila 2004).

en tejido adulto maduro. Por otra parte, interactúan con los ácidos nucleicos para lograr agregaciones más estables de ADN y ARN, se asocian con fosfolípidos y algunas proteínas. También tienen una función en los procesos de formación de las proteínas, así como en la actividad de ciertas enzimas (Avila 2004).¹

Las poliaminas tienen una función en la expresión de la juvenilidad de las plantas, encontrándose que cuando son jóvenes y no pueden formar flores hay poca cantidad de poliaminas en los tejidos pero se va acumulando en la medida que la planta es más adulta y tiene capacidad de comenzar a florecer; el ápice floral forma mucho de las poliaminas presentes en esa etapa (Tecnilasa 2003).

La presencia de luz estimula la producción de poliaminas en hojas. Por otra parte el estrés o castigo físico o químico de las plantas induce la síntesis de putrescina; esto ocurre con deficiencias de potasio, condiciones de sequía, alto contenido de amonio, exposición a contaminantes del aire y frío (Avila 2004).³

La aplicación de auxinas, citocininas y giberelinas a ciertos tejidos, resulta en un aumento en la síntesis de poliaminas, esta respuesta sugiere que parte de la acción de esas hormonas es a través de estas últimas. De esto se puede establecer que en condiciones adecuadas de clima y manejo inducirán la formación de hormonas estimulantes de crecimiento incluyendo poliaminas. En situaciones que se favorece la síntesis de etileno en los tejidos, habrá una reducción en la formación de espermina y espermidina (Tecnilasa 2003).

2.9. Biosíntesis del etileno.

2.9.1. Vía de la metionina.

“El etileno es sintetizado preferencialmente a partir del aminoácido metionina, vía s-adenosil-l-metionina (SAM), que a su vez es convertido a un aminoácido compuesto por cuatro átomos de carbono, el ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) (Kende 1993)” citado por Serodio y Matos (2004) (Figura 2).

³ Tomado de Seminario “Las poliaminas y su estado actual en la fisiología vegetal” (Avila 2004).

“En simultaneidad con la conversión del sustrato SAM a ACC existe también a partir del sustrato SAM síntesis de S'-metiltioadenosina (MTA), la cual es usada para la síntesis de una nueva molécula de metionina, pudiendo de este modo ser mantenidas elevadas tasas de síntesis de etileno, mismo que el pool de metionina libre sea reducido (Yang y Hoffman 1984)” citado por Serodio y Matos (2004).

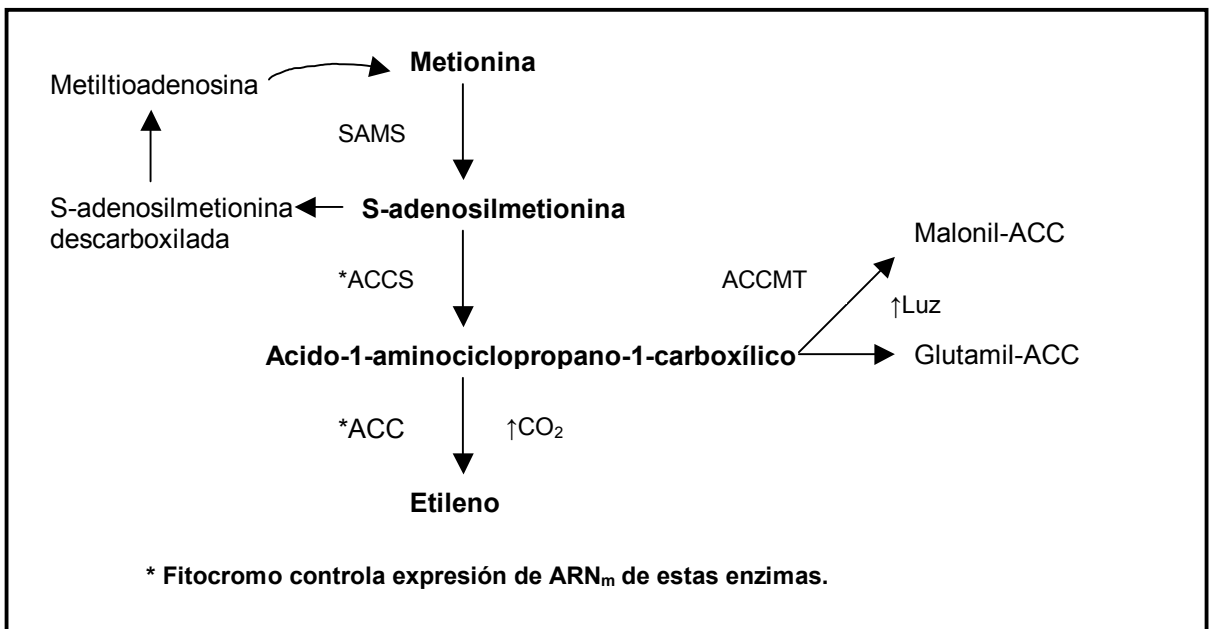


Figura 2. Resumen esquemático de la biosíntesis del etileno en plantas. Tomado de Seminario Las poliaminas y su estado actual en la fisiología vegetal (Ávila 2004).

“La formación de etileno a partir del ACC concierne a una reacción que requiere la presencia de oxígeno, representando el punto donde la vía biosintética será inhibida por niveles reducidos de oxígeno (Mattoo y Suttle 1991)” citado por Serodio y Matos (2004). “Así como la concentración de oxígeno, existen otros factores ambientales que determinan variaciones en la tasa de biosíntesis del

etileno, como por ejemplo: la temperatura, la variación de la concentración iónica, situaciones de estrés hídrico y/o mecánico entre otros que inducen o inhiben la síntesis del etileno (Kende 1993)” citado por Serodio y Matos (2004).

“Para efecto de la conversión del ACC en etileno, éste aún puede ser convertido en los conjugados de ACC, malonil-ACC (MACC) o glutamil-ACC (GACC) a través de la enzima malonil transferasa (Manssur *et al* 1986)” citado por Serodio y Matos. “La tasa de formación de MACC afecta los niveles endógenos de ACC y consecuentemente a la producción de etileno (Mattoo y Suttle 1991)” citado por Serodio y Matos (2004).

2.9.2. Vía del alfa-ceto-metilbutirato.

“Este es un derivado de la metionina por transaminación, a través de una peroxidasa, en la presencia del ión manganeso, del ión sulfito, oxígeno, algunos fenoles y peróxidos de oxígeno. La conversión del ACC en etileno es hecha en gran parte a través de la enzima ACCO. Existen trabajos que refieren la existencia de otra enzima, la IAA-oxidasa que también convierte el ACC en etileno presentando ésta una actividad mucho inferior a la de la enzima ACCO (Vioque y Vioque 1981)” citado por Serodio y Matos (2004).

“La actividad de la enzima IAA-oxidasa (IAAO) puede ser alterada en la presencia de co-factores (ácido salicílico), del ión manganeso, del cobalto, de captadores de radicales libres entre otros (Vioque y Vioque 1981)” citado por Serodio y Matos (2004).

2.9.3. Principales enzimas que participan en la biosíntesis de etileno.

2.9.3.1. ACC – sintasa (ACCS).

“La ACC sintasa es una enzima citosólica, exclusiva de plantas superiores que requiere de fosfato piridoxal como cofactor y utiliza la SAM como sustrato específico. Esta enzima es regulada a nivel post transcripcional por fosforilación y desfosforilación (siendo la forma fosforilada la activa) y aún por inductores como las

auxinas, inhibidores como las poliaminas, el etileno entre otros (Kende y Boller 1981)” citado por Serodio y Matos (2004).

“En varias especies vegetales ha sido demostrado que los genes que codifican la ACC sintasa pertenecen a una familia multigénica y que diferencialmente responden a factores y a condiciones fisiológicas promotoras de la síntesis de etileno, como en el caso de la maduración de los frutos y de herimientos mecánicos (Mattoo y Suttle 1991)” citado por Serodio y Matos (2004).

2.9.3.2. ACC – oxidasa (ACCO).

“La regulación de esta enzima consiste en un proceso de control de la biosíntesis de etileno, mas fino, una vez que el control de los niveles basales de la hormona es ejercido a través de la regulación de la ACC- sintasa, siendo la reacción que ésta cataliza la que limita la tasa de producción de la hormona vegetal (Lieberman 1979)” citado por Serodio y Matos (2004).

“Una vez descubierto que las vacuolas son los orgánulos más pequeños de las células que exhiben actividad de oxidación del ACC y que esta actividad es inhibida por ionóforos y cesada por la lisis de esos orgánulos, se llegó a la conclusión de que la actividad de la ACC-oxidasa implica integridad membrana y de los tejidos. La actividad de esta enzima puede ser alterada por la presencia de radicales libres, dióxido de carbono, etileno, cloreto de cobalto, poliaminas, tritón X-100, variaciones de temperatura, luz entre otros (Mattoo y Suttle 1991)” citado por Serodio y Matos (2004).

2.9.4.El efecto de la luz en la biosíntesis del etileno.

“La luz afecta a la biosíntesis del etileno de un modo negativo en la medida que estimula la conjugación del ACC a MACC y GACC, limitando la disponibilidad del sustrato ACC para la enzima ACCO y la consecuente conversión del mismo en etileno (Zacarías *et al* 1990)” citado por Serodio y Matos (2004). “En tanto, el aumento de la síntesis de MACC y el rápido descenso de los niveles de ACC no son consecuencia de un aumento de la actividad de la enzima malonil transferasa, visto

que tal no se verifica. El mecanismo a través la cual la luz actúa es aún desconocido (Gepstein y Timan 1980)” citados por Serodio y Matos (2004).

“Se propuso la existencia de un mecanismo aún desconocido de estimulación de la enzima ACCO por la luz, verificándose que esta estimulación no es irreversible, en la medida en que existen compuestos como el cloreto de cobalto y las ciclohexamidas que inhiben la actividad de esta enzima inclusive en condiciones de iluminación. Se ha observado que al exponer células a la luz se estimula la enzima ACCO y aumenta la concentración de etileno. Transfiriendo estas mismas células de la luz para la oscuridad, se verificó que existía una significativa inhibición de la enzima ACCO con la consecuente disminución de la concentración de etileno (Zacarías *et al* 1990)” citado por Serodio y Matos (2004).

“En las plantas superiores se verificó que existe un complejo proteico (cromóforo) designado por fitocromo B, habiendo sido identificados varios tipos de fitocromo B desempeñando funciones diferentes (Scott *et al* 1999). Una de esas funciones parece ser la del control del ritmo circadiano del etileno. Se verificó la existencia de ritmos circadianos de la tasa de etileno producido (en un período de 24 horas), así como la expresión del ARNm de las enzimas ACCO y ACCS controladas posiblemente por el fitocromo B (Scott *et al* 1998)” citado por Serodio y Matos (2004).

2.9.5.El efecto del dióxido de carbono en la biosíntesis de etileno.

“Kao y Yang (1982), verificaron que en tejidos verdes (hojas de tabaco) iluminados, el CO₂ promueve grandemente la producción de etileno sin influenciar significativamente los niveles endógenos de ACC y que la conversión de ACC exógeno en etileno es inhibida por la luz, siendo este proceso reversible en la presencia de CO₂. Trabajos posteriores realizados en hojas de tabaco, sugieren que el CO₂ además de promover la actividad de la enzima ACCO puede aún inducir la síntesis de la misma siendo este un proceso dependiente de la concentración de esta molécula (CO₂) (Zacarías *et al* 1990)” citados por Serodio y Matos (2004).

“En situaciones en el que el CO₂ sea suficiente, la luz se vuelve un factor limitante para la síntesis de etileno, sugiriendo que la mayor parte de la hormona formada por los tejidos fotosintéticos es controlada directamente por la disponibilidad de CO₂ (Mattoo y Suttle 1991)” citado por Serodio y Matos (2004).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación del experimento

El experimento se realizó en la finca El Tremedal S.A, ubicada a 3,5 Km al norte de la imagen de Corazón de Jesús, distrito Venecia, cantón San Carlos, provincia Alajuela; específicamente en el lote K, bloque 17, sección 1, cultivado de piña.

3.2. Período de desarrollo del experimento

El experimento se realizó del 7 de mayo del 2004 al 16 de julio del 2004.

3.3. Condiciones ambientales

Los datos de temperatura diaria máxima y mínima y las temperaturas promedio mensuales durante la aplicación de los tratamientos se observa en el Anexo 1.

Los datos de precipitación de mayo y junio del 2004 se observan en el Anexo 2.

No se anotaron datos de humedad relativa, porque los datos existentes en los registros de Finca El Tremedal en ese momento corresponden a humedad relativa de infraestructuras bajo techo y en ambiente cerrado (oficinas).

3.4. Condiciones generales durante el período experimental

3.4.1. Condiciones del área experimental

El área total de dicho experimento abarcó aproximadamente 300 m². El lote presenta una topografía plana con una pendiente aproximada de 0,5% con la superficie cultivada de piña del híbrido MD-2, bajo técnicas de producción convencional. Las plantas que se utilizaron para este experimento presentaban un peso promedio de 2,2 kilogramos (4,8 libras), alcanzando una edad de 7 meses posterior a la siembra al momento de la aplicación de los tratamientos.

El área alrededor de la sección experimental permaneció cultivada de piña cuyo manejo fue basado en técnicas convencionales de producción durante el período experimental.

3.5. Diseño experimental

3.5.1. Diseño de bloques completos al azar

Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar, conformado por cinco tratamientos y cuatro repeticiones.

El modelo estadístico y sus fuentes de variación fueron:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_1 + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Específicamente:

Y_{ij} : Variable dependiente (variable observada).

μ : Promedio de media

τ_1 : Tratamiento β_j : Bloque

ε_{ij} : Error experimental

Los grados de libertad y las fuentes de variación del experimento se observan en el Anexo 6

Los datos obtenidos de la variable observada se sometieron a un análisis de varianza (ANDEVA) y a la prueba TUKEY (realizados mediante el programa estadístico SPSS) para determinar si había diferencias significativas entre los diferentes tratamientos (Anexo 5).

3.5.2. Tratamientos experimentales

Los tratamientos planteados corresponden a cinco en total; tres procedimientos de inducción floral, un tratamiento convencional con etileno y un tratamiento testigo en el cual no se practicó ningún otro método:

1. Ambiente humo (saturación de humo en ambiente cerrado).
2. Tres aplicaciones consecutivas de agua fría (5° C), una cada día al atardecer con plantas expuestas a 100% de luz solar.
3. Tres aplicaciones consecutivas de agua fría (5° C), una cada día al atardecer con plantas expuestas a 30% de luz solar.
4. Etileno (3,5 kg/ha), aplicado una vez (tratamiento convencional).
5. Testigo (Sin tratamiento).

Se inició con la aplicación de los tratamientos el 7 de mayo del 2004 y se finalizó el 9 de mayo del 2004, procurando aplicarlos después de las 4:00 pm.

3.5.3. Detalles de la parcela experimental

La parcela experimental abarcó un área aproximada de 15 m² y ésta estuvo constituida por un total de 3 camas de siembra con dos hileras de 14 plantas cada una completando así 84 plantas en total (siendo la planta de piña la unidad experimental), de las cuales 20 plantas conformaron la parcela útil, tal como se observa en la Figura 3.

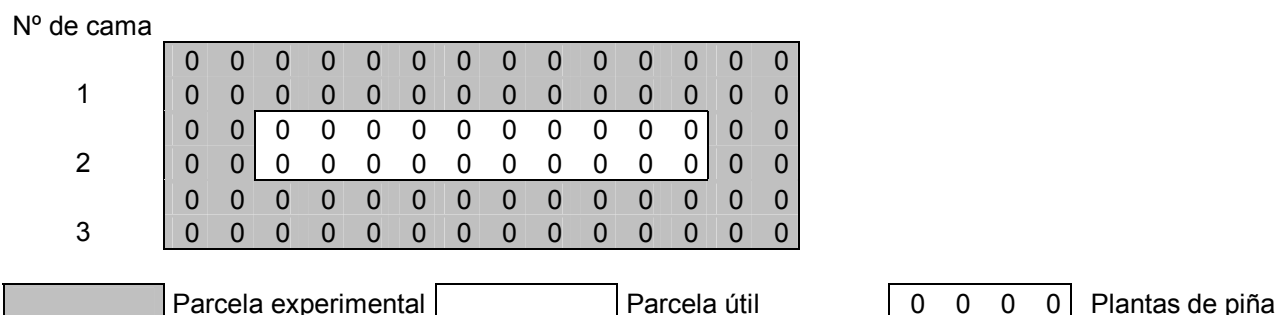


Figura 3. Representación de una parcela experimental en la investigación sobre alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (*Ananas comosus*). Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos. 2004.

La distribución de las parcelas y los tratamientos se realizó con ayuda de la tabla de números aleatorios. Este ordenamiento se puede observar en la Figura 4.

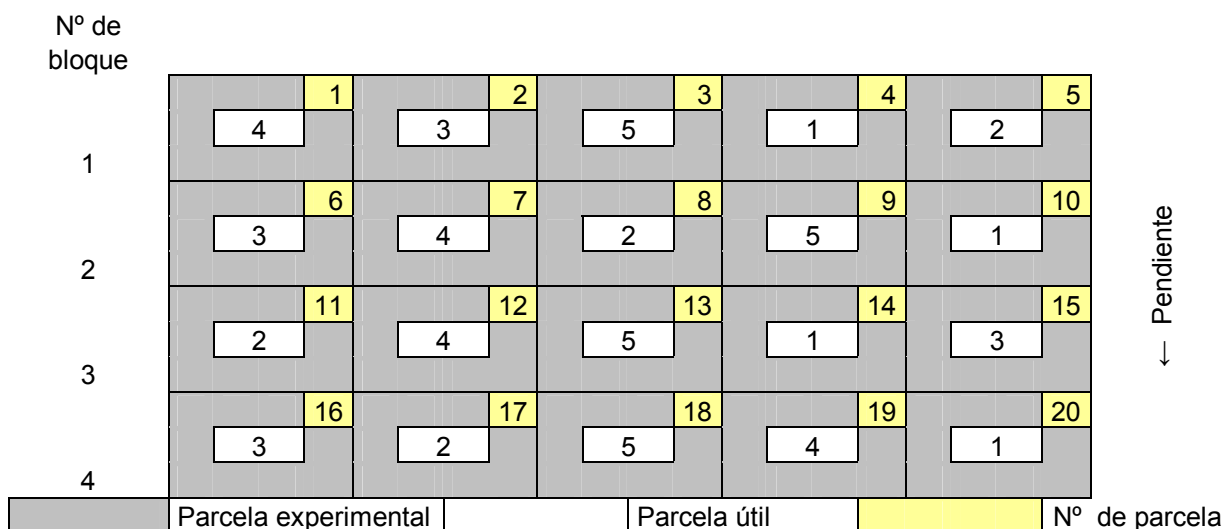


Figura 4. Distribución de parcelas y tratamientos en el área experimental de alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (*Ananas comosus*). Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos. 2004.

3.6. Variable evaluada

3.6.1. Emergencia del brote floral

Se contó la cantidad de brotes florales emergidos en las plantas de la parcela útil por cada tratamiento.

3.7. Procedimientos de aplicación

3.7.1. Tratamiento con humo

En el tratamiento de ambiente humo, se empleó polietileno transparente para cubrir las parcelas correspondientes al tratamiento y mantener el humo en contacto con las plantas durante toda la noche. El polietileno se eliminó a la mañana siguiente.

El humo, producto de la combustión de bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), se aplicó con una humera o bomba de apicultura (Figura 5), de la cual introduce aire para alimentar el fuego que consume el material combustible. Esta

bomba requirió de algunos trozos pequeños de carbón para facilitar la combustión del bagazo. Se utilizó 1 kg de bagazo y 300 gramos de carbón en total para las 4 repeticiones. La apariencia física del bagazo era similar a la borucha de madera finamente molida en cuanto a su textura y tamaño de partículas y además con una humedad aproximada al 20%.



Figura 5. Bomba de apicultura empleada para la aplicación de humo de bagazo de caña (*Saccharum.officinarum*) en experimento sobre alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (*Ananas comosus*). Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos. 2004.

Investigaciones realizadas por Nogueira (2004)⁴ en Cuba, sobre inducción de floración en piña (*Ananas comosus*) aplicando humo producto de la combustión de diferentes materiales, demuestra mejores resultados inducir la floración con el humo de la combustión del bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).

3.7.2. Tratamiento agua fría con exposición a 100% de luz solar

En el tratamiento de agua fría con exposición total a la luz solar, se utilizó agua a una temperatura de 0° C a 5° C, la cual se aplicó a razón de 100 mililitros por planta (en el corazón de la roseta) tres veces consecutivas (una cada día durante

tres días) al atardecer, utilizando una aspersora de mochila de 16 litros sin boquilla (Figura 6). La temperatura del agua se controló con un termómetro ubicado dentro del recipiente contenedor del agua y se reguló adicionando hielo dentro del tanque de la aspersora . La temperatura del agua se verificó cada diez minutos.



Figura 6. Momento durante aplicación del tratamiento de agua fría (antes del anochecer) en plantas de piña (*Ananas comosus*), en experimento sobre alternativas orgánicas para inducir la floración. Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos. 2004.

3.7.3. Tratamiento agua fría con exposición a 30% de luz solar

Para el tratamiento agua fría y exposición de plantas a un 30% de luz solar, se aplicó agua fría (5° C) a razón de 100 mililitros por planta tres veces consecutivas (una cada día durante tres días) al atardecer, se utilizó una aspersora de mochila de 16 litros sin boquilla y posteriormente se empleó sarán con un efecto de sombra de 70%, que cubrió las parcelas correspondientes al tratamiento, colocado inmediatamente después de aplicada el agua fría, antes del anochecer. El sarán

⁴ Nogueira, J. 2004. Inducción de floración en piña (*Ananas comosus*) aplicando humo producto de la combustión de diferentes materiales (entrevista). Ciego de Ávila, Cuba, Empresa de la Piña.

permaneció durante toda la noche y todo el día siguiente hasta repetir nuevamente la aplicación al atardecer, tal como se muestra en las Figuras 7 y 8.

El control de la temperatura del agua, fue idéntico al tratamiento anterior.



Figura 7. Colocación de sarán en parcelas de tratamiento agua fría y exposición de plantas a 30% de luz solar en experimento sobre alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (*Ananas comosus*). Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos. 2004.



Figura 8. Momento de aplicación de tratamiento de agua fría y exposición de plantas a 30% de luz solar (antes del anochecer) en plantas cubiertas por sarán en experimento sobre alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (*Ananas comosus*). Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos. 2004.

3.7.4. Tratamiento con etileno

Para el tratamiento con etileno, se utilizó un equipo especial para aplicar etileno, que consiste de un cilindro (que contiene el gas), bomba (para provocar la circulación del agua y aumentar su presión), motor de combustible (gasolina) para que funcione la bomba, cámara de mezclado (donde se disuelve el gas en el agua) y tanque adaptado a una manguera.

Se reguló la presión de salida del gas en el cilindro de la siguiente manera: 800 psi (manómetro 1), 400 psi (manómetro 2), 60 psi (manómetro 3) y 3 a 3,5 atmósferas en el flujómetro. Se adicionó 5 gramos de carbón activado por litro de agua para disminuir la pérdida de etileno. Se aplicó 50 ml de solución por planta una sola vez. Esta aplicación se realizó después de las 5:00 pm (al anochecer).

En finca El Tremedal S.A, la cantidad de etileno requerida por ha corresponde a 3,5 kg en 68.200 plantas.

3.7.5. Recolección de datos

En el período comprendido entre 45 y 70 días post inducción floral, se verificó la cantidad de plantas que presentaron inflorescencia en cada tratamiento. La observación se realizó transcurridos 45, 50, 55, 60, 65 y 70 días después de practicado el forzamiento con los diferentes tratamientos.

Los datos obtenidos en cada muestreo se anotaron en el formato de campo (Anexo 2).

3.7.6. Labores culturales en el área experimental

En toda el área experimental la única labor cultural realizada corresponde a una deshierba manual, como parte del control cultural de malezas practicado en Finca El Tremedal S.A.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efectividad de inducción floral en piña con ambiente humo

En el tratamiento de plantas de piña con ambiente humo solamente se hizo evidente la emergencia de una inflorescencia observada a partir de 55 días después de aplicado el humo. Este valor se mantuvo constante hasta completar el período de observación apreciado en el Cuadro 1. Resulta difícil medir la concentración de etileno contenido en el humo de la combustión de bagazo de caña de azúcar. Sin embargo, al inicio de la combustión existía mayor cantidad de bagazo. Todos los materiales que hacen combustión y que liberan etileno al ambiente, difieren en su composición bioquímica y por lo tanto cada uno libera una cierta cantidad de etileno de acuerdo al volumen o cantidad en peso y probablemente cuanto mayor cantidad de material combustible se queme, mayor será la cantidad de etileno liberado. En el testigo no se encontró ninguna planta con inflorescencia, demostrando que las condiciones ambientales no favorecieron la producción interna de etileno, por lo tanto se puede afirmar que el humo acumuló un leve estímulo en la planta que presentó la inflorescencia, pero no así en las demás plantas tratadas con humo. Esta diferencia no es significativa según el Cuadro 1.

Cuadro 1. Número de inflorescencias emergidas en cinco tratamientos durante 6 períodos de observación en experimento sobre alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (*Ananas comosus*). Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos. 2004.

Trat.	Descripción	Plantas observadas	Días después de forzamiento					
			45	50	55	60	65	70
1	Ambiente humo	80	0 b	0 b	0.25 b	0 b	0 b	0 b
2	Agua fría (5° C) con 100% de luz solar	80	0 b	0 b	0 b	0 b	0 b	0 b
3	Agua fría (5° C) con 30% de luz solar	80	0 b	0 b	0 b	0 b	0 b	0 b
4	Etileno (3,5 kg/ha)	80	19.5 a	19.7 a	20 a	20 a	20 a	20 a
5	Testigo (no tratado)	80	0 b	0 b	0 b	0 b	0 b	0 b

* Letras diferentes difieren estadísticamente entre sí, según prueba Tukey al 5%.

4.2. Efectividad de inducción floral en piña con agua fría en plantas expuestas a 100% de luz solar

Las plantas de piña tratadas con agua fría y expuestas a 100% de luz solar, no manifestaron signos de una estimulación suficiente para producir la inflorescencia al finalizar el período de evaluación, tal como se muestra en el Cuadro 1. En el registro de los datos de temperatura diaria (Anexo 1) de Finca El Tremedal S.A, se aprecia que durante el periodo experimental se presentaron condiciones de temperatura nocturna promedio cercana a 25° C la cual teóricamente es poco favorable para que se lleve a cabo la reacción bioquímica de producción de etileno. Pues, el suelo durante el día acumula mucha energía calórica manteniéndose con altas temperaturas, inclusive durante parte del período nocturno. Esta energía se libera al ambiente, de manera que se convierte en un factor inhibitor de dicha reacción bioquímica. En períodos cuando la temperatura diurna se mantiene máximo en 25 °C o menos al anochecer, el suelo se enfría más rápidamente y libera poca cantidad de energía calórica acumulada en el mismo, lo cual se convierte en una condición que facilita la acción enzimática que conlleva a la biosíntesis de etileno. En el Anexo 2, se observa que los días cuando se aplicaron los tratamientos correspondientes al 7, 8 y 9 de mayo, coincide con altas precipitaciones cuales pudieron haber ejercido algún efecto negativo para que se llevara a cabo la producción de etileno.

4.3. Efectividad de inducción floral en piña con agua fría en plantas expuestas a 30% de luz solar

Las plantas de piña tratadas con agua fría y expuestas a 30% de luz solar, no manifestaron signos de una estimulación suficiente para producir la inflorescencia al finalizar el período de evaluación, tal como se muestra en el Cuadro 1. Pues, al igual que con el tratamiento de agua fría y exposición total a la luz solar, se requiere de baja temperatura ambiental para que inicie el efecto estimulante que desencadena la diferenciación floral. La planta de piña necesita mínimo 3 días consecutivos de condiciones de baja temperatura nocturna (máximo 18° C) para que ocurra inducción floral (Ávila 2004).⁵

⁵Ávila, M. 2004. Condiciones para que ocurra la parición natural en piña (*Ananas comosus*) (entrevista). Cuba, Universidad Ciego de Ávila .

Hay que tomar en cuenta que al existir en el ambiente condiciones de temperatura baja, la planta no solamente es estimulada a nivel de follaje, también se ve involucrado su sistema radical, pues, he observado en algunas plantaciones de piña que las plantas que están sometidas a condiciones de suelo húmedo o focos con acúmulos de humedad, se induce la floración naturalmente en menor tiempo que aquellas que se hallan en condiciones de buen drenaje. Resulta lógico pensar que en los sitios con acúmulos de humedad, el agua del suelo baja la temperatura en el sistema radical más rápidamente y a grados menores que en sitios mejor drenados en horas nocturnas, o de alguna forma provoca un estrés que hace que la planta reaccione elevando sus niveles de etileno.

4.4. Efectividad de inducción floral con etileno

Transcurridos 45 días post forzamiento, fueron visibles la mayoría de inflorescencias en plantas de piña del tratamiento convencional con etileno como se muestra en el Cuadro 1.

Sin embargo, al observar el tratamiento de etileno a 50 días post forzamiento, se incrementó en una flor el número de inflorescencias emergidas y se completó la cantidad total de inflorescencias 55 días post forzamiento.

El gas etileno obtenido en la industria se ha utilizado comercialmente por varios años para forzamiento en piña con excelentes resultados. Probablemente las plantas que no presentaron inflorescencias 45 días post forzamiento no recibieron inicialmente la cantidad de etileno suficiente para que ocurriera la diferenciación de tejidos, pero el efecto acumulativo del estímulo seguramente favoreció la actividad enzimática que cataliza la reacción para producir etileno internamente completándose 10 días después de aplicado el etileno gaseoso.

Teóricamente cuando la plantación ha sido forzada e inicia la emergencia de las inflorescencias, ésta debería ser uniforme en todas las plantas. Sin embargo, en la práctica no siempre sucede de esa manera, porque siempre existen plantas más expuestas que otras, pues, al ser de mayor tamaño tienen la posibilidad de captar

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

Entre los 55 y 70 días post forzamiento no se observó incremento en el número de inflorescencias en las plantas de todos los tratamientos.

En la práctica se ha observado que en épocas en que las temperaturas nocturnas sobrepasan lo 25° C frecuentemente se producen fallas de forzamiento o reducción en la eficiencia del tratamiento de etileno gaseoso o en cualquier formulación comercial. Por tal motivo, siempre se repite la aplicación 3 ó 4 días después de la primera aplicación. Sin embargo, en este caso solamente se realizó una aplicación de etileno y al final todas las plantas tratadas presentaron inflorescencia, demostrando así que a pesar de las altas temperaturas ambientales, la aplicación de etileno obtenido por métodos artificiales resulta altamente efectiva en piña híbrido MD-2.

De acuerdo al análisis estadístico, se encontró que no existen diferencias significativas entre los tratamientos ambiente humo, agua fría (5° C) con 100% de luz solar, agua fría (5° C) con 30% de luz solar y el testigo. Pero, sí hay diferencias significativas entre los tratamientos anteriores con respecto al tratamiento convencional de etileno.

Evidentemente al observar los resultados obtenidos resumidos en el Cuadro 1, surgen otras posibles variables que podrían llegar a la obtención de resultados positivos de los tratamientos alternativos propuestos: La concentración de humo, la dosis de agua fría y la frecuencia de aplicación de la misma. Todo esto, con la finalidad de activar el sistema enzimático que conlleva a la producción de etileno.

Tomando en consideración los resultados obtenidos al evaluar nuevas alternativas para inducir la floración en piña, se rechaza la hipótesis, porque ninguna de las alternativas propuestas funcionó para tal fin.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones en que se inició y se llevó a término el experimento sobre alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (*Ananas*

comosus) en Finca El Tremedal S.A, Venecia, San Carlos, 2004, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. La utilización de ambiente humo no fue efectiva para inducir la floración en piña, híbrido MD-2.
2. La cantidad de bagazo de caña (*Saccharum officinarum*) para generar ambiente humo no fué suficiente para estimular la floración en las plantas de piña, híbrido MD-2.
3. La utilización de agua fría (5° C) tanto en plantas expuestas a 30% y 100% de luz solar no fue efectiva para inducir la floración en piña, híbrido MD-2.
4. La dosis de agua fría (5° C) aplicada directamente al follaje expuesto a 30% y a 100% de luz solar no fué suficiente para estimular la floración en plantas de piña, híbrido MD-2.
5. La reducción en la disponibilidad de luz mediante el empleo de sarán con efecto del 70% de sombra durante tres días consecutivos, no ejerció ningún efecto visible sobre la estimulación de la floración en plantas de piña, híbrido MD-2.
6. La aplicación convencional de etileno a una dosis de 3,5 kg/ha una sola vez fué suficiente para estimular la floración en el 100% de plantas de piña híbrido MD-2 tratadas, observado a partir de los 60 días post forzamiento.
7. La aplicación de etileno a 3,5 kg/ha presenta la ventaja que solamente con una aplicación es suficiente para lograr la inducción de floración en el 100% de las plantas tratadas aún en condiciones de alta temperatura ambiental.
8. Las alternativas orgánicas empleadas para inducir la floración en piña híbrido MD-2, no presentan ventajas al no obtenerse resultados positivos en las condiciones que se aplicaron dichos tratamientos.

9. En general, la información existente sobre alternativas orgánicas de inducción de floración en piña es muy pobre a nivel bibliográfico e internet.

6. RECOMENDACIONES

Debido a la poca información existente sobre alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (*Ananas comosus*), sugiero que se tome en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. Se recomienda investigar sobre el forzamiento de plantas de piña con humo producto de las combustiones de diferentes materiales y cantidades de material quemado por parcela.
2. Se recomienda investigar otras alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (*Ananas comosus*), por ejemplo estudiar la posibilidad de aplicar agua fría con un equipo enfriador y que aplique cubriendo completamente las plantas con alto volumen de agua a la temperatura más baja posible y suficiente para empapar el suelo también.
3. Se recomienda realizar pruebas semejantes a las realizadas en esta investigación en diferentes épocas del año y en lugares de diferentes pisos altitudinales.
4. Se recomienda evaluar otras alternativas adicionales para la inducción floral como la aplicación de metionina, precursor de etileno.
5. Se recomienda utilizar medidores de temperatura y precipitación en el área de las parcelas experimentales para obtención de datos de apoyo en pruebas semejantes a las realizadas.

7. BIBLIOGRAFÍA

Agrocultura. (s.f). La temperatura y adaptabilidad de los cultivos (en línea). Mexico. Consultado 18 septiembre 2002. Disponible <http://www.Agrored.com.mx/agrocultura/62-temperatura.html>.

Barahona, M. 1984. Fruticultura especial: Fruticultura II. San José, Costa Rica. EUNED. 331 p.

Castro, Z. 1982. Técnicas de manejo en el cultivo de piña (*Ananas comosus* L.Merr) con énfasis en la utilización de Etefón (Ethrel) como inductor de la floración. Practica de especialidad. Bach. Ing. Agro. San Carlos, CR, ITCR, Escuela de Agronomía. 62 p.

Garcidueñas, M; Rovalo, M. 1985. Fisiología Vegetal Aplicada. Tercera edición.

_____; M; Ramírez, H. 1987. Control hormonal del desarrollo de las plantas. Primera edición. México, DF. LIMUSA S.A. 86 p.

Jiménez, J. 1996. El cultivo de piña para exportación. México DF. Talleres gráficos. 167 p.

Morales, M. 2001. Técnicas de producción orgánica en el cultivo de piña *Ananas comosus* (L) Merr. Empresa Productos Orgánicos del Trópico, Buenos Aires, Puntarenas. Practica de especialidad. Bach. Ing. Agro. San Carlos, CR, ITCR, Escuela de Agronomía. 79 p.

Nelson, L. 1998. Diseño de experimentos con especies forestales y cultivos perennes. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. 69 p.

Palma, T. 1995. Fisiología vegetal. San Carlos, CR. ITCR. 161 p.

Proexant. 2002. Ficha técnica de piña (en línea). Consultado 4 agosto 2002. Disponible en <http://www.agricultura.gov.do/perfiles/piña.html>.

Py, C. 1969. La piña tropical. Barcelona, España. BLUME. 278 p.

Quirós, D. 1989. Efecto de diferentes productos comerciales (Ethrel, phyomone y carburo de calcio) sobre la inducción de floración en piña (*Ananas comosus* L. Merr) var. Cayena lisa. Practica de especialidad. Bach. Ing. Agro. San Carlos, CR, ITCR, Escuela de Agronomía. 38 p.

Rojas, M; Ramírez, H. 1987. Control hormonal del desarrollo de las plantas. Primera edición. México DF. LIMUSA S.A. 239 p.

Sánchez, J.M. 1999. Las bromelias (en línea). Consultado 4 agosto 2002. Disponible <http://floraquide.es/arboles/bromelias.html>.

Seminario Las poliaminas y su estado actual en la fisiología vegetal (1, s.f, Ciego de Ávila). 2004. (Memorias). Eds. Avila, M. Cuba. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Ciego de Ávila. 15 p.

Serodio, I; Matos, C. 2004. Papel regulador de la luz en las tasas de crecimiento en plántulas de *Lupinus albus* L.(en línea). Consultado 13 diciembre 2005. Disponible en <http://personales.ya.com/botánica/papelreguladordelaluz.doc>.

Tecnilasa, 2003. Las otras hormonas vegetales (en línea). Boletín nº4. Consultado 26 diciembre 2005. Disponible en <http://www.agroenzymas.com.mx>.

8. ANEXOS

Anexo 1. Datos de temperatura diurna y nocturna en grados centígrados durante el período experimental (mayo a julio del 2004). Tomado del registro de temperatura diaria en Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos. 2004. Continúa página siguiente.

Mayo*								Junio							
Día				Noche				Día				Noche			
Fecha	Máx	Min	Prom	Fecha	Máx	Min	Prom	Fecha	Máx	Min	Prom	Fecha	Máx	Min	Prom
1	.	.	.	1	.	.	.	1	27.6	23.4	25.5	1	25.9	21.8	23.8
2	.	.	.	2	33.9	21.4	27.6	2	30.9	22.4	26.6	2	24.3	20.7	22.5
3	34.9	23.1	29	3	26.9	22.5	24.7	3	26.5	21.1	23.8	3	23.9	22.2	23
4	25	23	24	4	23.9	22.4	23.2	4	34.3	22.5	28.4	4	28.3	22.2	25.2
5	32	23.3	27.6	5	24.9	22.3	23.6	5	29.3	22.9	26.1	5	.	.	.
6	28.5	22.8	25.6	6	24.1	22.6	23.3	6	.	.	.	6	29.4	20	24.7
7	30.2	23.1	26.6	7	26.4	22.4	24.4	7	30.4	22.7	26.6	7	25.3	22.2	23.7
8	.	.	.	8	.	.	.	8	31.8	22.5	27.2	8	26.5	21.6	24
9	.	.	.	9	28.1	22.8	25.4	9	36.2	22.6	29.4	9	27.5	23.3	25.4
10	31.1	21	26	10	24	21.9	23	10	.	.	.	10	36	22.3	29.2
11	27.9	22.5	25.2	11	24.5	23.4	24	11	32.6	25.9	29.2	11	26.3	22.2	24.2
12	28.5	23.8	26.2	12	25	23.4	24.2	12	.	.	.	12	.	.	.
13	33	23.4	28.2	13	25.6	23.2	24.4	13	.	.	.	13	37.2	22.1	29.6
14	31	23.8	27.4	14	25.3	21.5	23.4	14	36	23.8	29.9	14	26.6	22.9	24.7
15	32.5	22.4	27.4	15	.	.	.	15	31	22.9	27	15	24.7	21.2	22.9
16	.	.	.	16	33.1	20.6	26.8	16	29.8	21.3	25.6	16	23.8	22	22.9
17	29.4	22	25.7	17	24	22.1	23	17	29.2	22	25.6	17	22.1	21.3	21.7
18	29.4	22.4	25.9	18	26.6	22.2	24.4	18	33.5	21.8	27.6	18	24.9	23.2	24
19	26.5	22.6	24.5	19	23.4	22.4	22.9	19	27.7	23.6	25.6	19	.	.	.

20	28.3	23.4	25.8	20	24.1	22.2	23.2	20	.	.	.	20	29.5	21.8	25.6
21	30.8	23	26.9	21	25	21.8	23.4	21	30.3	22.7	26.5	21	23.4	20	21.7
22	27.1	22.7	24.9	22	.	.	.	22	36.7	24	30.3	22	28.5	22.4	25.4
23	.	.	.	23	27.1	21.1	24.1	23	36.1	23.9	30	23	29.6	23.3	26.4
24	29.7	21.9	25.8	24	24.7	20.9	22.6	24	36	23.6	29.8	24	25.7	22.9	24.3
25	29.6	22.4	26	25	26.5	21.1	23.8	25	30.9	23.7	27.3	25	24	21.6	22.8
26	33.1	22.4	27.8	26	26.4	22.6	24.5	26	30	23	26.5	26	.	.	.
27	24.9	22.6	23.8	27	24.5	20.8	22.6	27	.	.	.	27	37	21.8	29.4
28	31.4	21.8	26.6	28	25.5	22	23.7	28	34.3	23.8	29	28	27.3	23.6	25.4
29	31	22.8	26.9	29	.	.	.	29	29.1	23.6	26.3	29	26.6	22.7	24.6
30	.	.	.	30	38	21.5	29.8	30	29.6	21.9	25.8	30	25.6	21.3	23.4
31	30.8	22.1	26.4	31	26.9	22.8	24.8								
Prom	29.8	22.8	26.2		24.5	22	24.3		31.6	23	27.3		27.3	22	24.6

* En mayo se aplicaron los tratamientos, por lo tanto, se consideró relevante los datos de temperatura de mayo y junio únicamente.

Anexo 2. Datos de precipitación diaria durante el período experimental (mayo a julio del 2004). Tomado del registro de precipitación diaria de Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos. 2004.

Mayo*		Junio	
Fecha	Milímetros	Fecha	Milímetros
1	0	1	6.5
2	12	2	0
3	0	3	32
4	4.5	4	4
5	62	5	0
6	21	6	36.5
7	64.5	7	0
8	30	8	22
9	199.5	9	0
10	0	10	0
11	15	11	3.5
12	0	12	13.5
13	20	13	13.5
14	11	14	0
15	70	15	3
16	0	16	26.5
17	37.8	17	16.5
18	0	18	5.5
19	16.5	19	0
20	45.5	20	76.5
21	10	21	0
22	20	22	8
23	110	23	0
24	0	24	41
25	29	25	50
26	0	26	51
27	35.5	27	11
28	4.5	28	0
29	35.5	29	6.5
30	0	30	6
31	0	.	.
Total	853.8	Total	433
Prom. diario	27.5	Prom. diario	14.4

* En mayo se aplicaron los tratamientos, por lo tanto, se consideró relevante los datos de precipitación de mayo y junio únicamente.

Anexo 3. Formato de campo utilizado para la toma de datos cada cinco días en experimento sobre alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (*Ananas comosus*). Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos. 2004.

Días después de forzamiento: _____					
Tratamiento	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Total por tratamiento
1) Ambiente humo					
2). Aplicación de agua fría y plantas expuestas a 100% de luz solar					
3). Aplicación de agua fría y plantas expuestas a 30% de luz solar					
4) Aplicación de etileno					
5) Testigo (sin tratar)					

Anexo 4. Formato de campo utilizado para resumir los datos de las observaciones realizadas en experimento de alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (*Ananas comosus*). Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos. 2004.

Tratamiento	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Total por tratamiento
1) Ambiente humo					
2). Aplicación de agua fría y plantas expuestas a 100% de luz solar					
3). Aplicación de agua fría y plantas expuestas a 30% de luz solar					
4) Aplicación de etileno					
5) Testigo (sin tratar)					

Anexo 5. Análisis de varianza realizado a brotes florales emergidos en el experimento sobre alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (*Ananas comosus*) en Finca El Tremedal S.A, Venecia, San Carlos. 2004.

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		N
MUESTREO	45 ddf	20
	50 ddf	20
	55 ddf	20
	60 ddf	20
	65 ddf	20
	70 ddf	20
Tratamiento	Agua fria 100	24
	Agua fria 30	24
	Etileno	24
	Humo	24
	Testigo	24

Tests of Between-Subjects Effects Dependent Variable: Inflorescencia

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	7585,175	29	261,558	13451,542	,000
Intercept	1896,075	1	1896,075	97512,429	,000
MUESTREO	,175	5	3,500E-02	1,800	,121
TRATAMIE	7584,300	4	1896,075	97512,429	,000
MUESTREO * TRATAMIE	,700	20	3,500E-02	1,800	,032
Error	1,750	90	1,944E-02		
Total	9483,000	120			
Corrected Total	7586,925	119			

a R Squared = 1,000 (Adjusted R Squared = 1,000)

Inflorescencia Tukey HSD

MUESTREO	N	Subset 1
45 ddf	20	3,90
50 ddf	20	3,95
55 ddf	20	4,00
60 ddf	20	4,00
65 ddf	20	4,00
70 ddf	20	4,00
Sig.		,218

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = 1,944E-02.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 20,000.

b Alpha = ,05.

Inflorescencia
Tukey HSD

Tratamiento	N	Subset	
		1	2
Agua fria 100	24	,00	
Agua fria 30	24	,00	
Humo	24	,00	
Testigo	24	,00	
Etileno	24		19,88
Sig.		1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares The error term is Mean Square(Error) = 1,944E-02.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 24,000.

b Alpha = ,05.

Anexo 6. Valores de los grados de libertad según el modelo estadístico de bloques completos al azar aplicado en experimento sobre alternativas orgánicas para inducir la floración en piña (*Ananas comosus*). Finca El Tremedal S.A. Venecia, San Carlos. 2004.

Factor de variación	Grados de libertad
Total	20
Tratamiento	4
Bloques	3
Error experimental	13