

**EFICACIA DE AVIGLICINA (PINCOR®) EN LA REDUCCIÓN DE LA  
FLORACIÓN NATURALMENTE DIFERENCIADA (NDF) EN PIÑA  
(*Ananas comosus* var. *comosus*) HÍBRIDO MD-2  
EN SAN CARLOS, COSTA RICA.**

**DIEGO GERARDO LORÍA VILLALOBOS**

Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de  
Agronomía como requisito parcial para optar al grado de  
Licenciatura en Ingeniería en Agronomía.



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

**EFICACIA DE AVIGLICINA (PINCOR®) EN LA REDUCCIÓN DE LA  
FLORACIÓN NATURALMENTE DIFERENCIADA (NDF) EN PIÑA  
(*Ananas comosus* var. *comosus*) HÍBRIDO MD-2  
EN SAN CARLOS, COSTA RICA.**

**DIEGO GERARDO LORÍA VILLALOBOS**

Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de  
Agronomía como requisito parcial para optar al grado de  
Licenciatura en Ingeniería en Agronomía.



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

**TEC** | Tecnológico  
de Costa Rica

**2016**

**EFICACIA DE AVIGLICINA (PINCOR®) EN LA REDUCCIÓN DE LA  
FLORACIÓN NATURALMENTE DIFERENCIADA (NDF) EN PIÑA  
(*Ananas comosus* var. *comosus*) HÍBRIDO MD-2  
EN SAN CARLOS, COSTA RICA.**

**DIEGO GERARDO LORÍA VILLALOBOS**

**Aprobado por miembros del Tribunal Evaluador:**

Ing. Agr. Zulay Castro Jiménez, MGA.



Asesora principal

Ing. Agr. Max Villalobos Acuña, Ph. D.

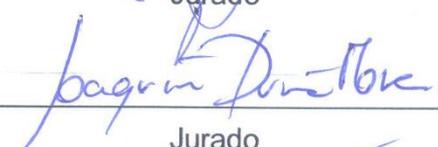


Jurado externo

Ing. Biot. Wayner Montero Carmona, M. Sc.

Jurado

Ing. Agr. Joaquín Durán Mora, M. Sc.



Jurado

Ing. Agr. Zulay Castro Jiménez, MGA.



Coordinadora

Trabajos Finales de Graduación

---

---

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



Director  
Escuela de Agronomía

**2016**

## DEDICATORIA

*Con respeto y admiración a mis amados padres, **Danilo** y **Doris** por su amor, valores inculcados y por ser los alfareros de mí persona.*

*A mis queridos hermanos: **Cindy**, **Emilio** y **Oscar**, amigos y compañeros de vida.*

*A mis sobrinos: **Alejandro** y **Natalia**, un regalo de Dios y bendición en la familia, angelitos encantadores y reflejo de amor.*

*A mi primo **Alonso** Arrieta Loría †: persona que demostró valentía ante la adversidad, siempre sonriéndole a la vida a pesar de su enfermedad.*

*A mi abuelita “**Mamapaca**” †: formadora de generaciones de grandiosas personas, basada en su gran amor hacia los demás, valentía y sobre todo su infranqueable fe en Dios.*

## AGRADECIMIENTO

*Gracias infinitas a **Dios** Todopoderoso: Por el don de la vida y amor infinito, guardián y pastor de la vida.*

*A mi lindo país, Costa Rica, un país de oportunidades que permitió a una persona de escasos recursos económicos educarse y compartir salones de clase con grandiosas y talentosas personas bajo el sistema de educación pública.*

*Al Instituto Tecnológico de Costa Rica y a su Escuela de Agronomía; por la oportunidad de ser parte de esta prestigiosa academia de educación superior y brindarme herramientas de conocimientos necesarios para poder alcanzar este objetivo académico.*

*A la profesora y asesora Ing. Zulay Castro Jiménez; por su gran aporte de conocimientos y experiencia en el área de la investigación aplicada en el cultivo de piña. Además por su completo apoyo antes y durante la ejecución del presente trabajo, orientación clave para concluirlo de la mejor forma.*

*Al departamento de Producción de Agrícola Agromonte S.A, por brindarme acceso a sus recursos; especialmente al cultivo de piña, indispensable para desarrollar este trabajo de investigación.*

*Al Ing. Max Villalobos Acuña y a su representada Valent Biosciences Corporation S.A, por facilitarme los productos, equipo y materiales necesarios para la ejecución del trabajo de campo. Además, por su apoyo en la revisión de este trabajo de investigación.*

*Al Ing. Wayner Montero Carmona, por su colaboración y apoyo brindado en la revisión del presente trabajo de investigación.*

*Al Ing. Joaquín Durán Mora, por su colaboración y apoyo brindado en la revisión del presente trabajo de investigación, además por su ayuda en periodo previo a la ejecución del presente trabajo.*

*A todos mis compañeros del ITCR; en especial a la generación 2011.*

## TABLA DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>ii</b>
<b>TABLA DE CONTENIDO</b> .....	<b>iii</b>
<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	<b>vi</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>viii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xiii</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Objetivo general .....	3
1.2. Objetivos específicos .....	3
1.3. Hipótesis de investigación.....	4
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>5</b>
2.1. Origen, domesticación y distribución del cultivo de la piña .....	5
2.2. Clasificación taxonómica.....	5
2.3. Descripción botánica y morfológica.....	5
2.3.1. Las raíces .....	6
2.3.2. El tallo.....	6
2.3.3. Hojas .....	6
2.3.4. El pedúnculo, la inflorescencia y la fruta.....	7
2.3.5. Retoños y su importancia en el desarrollo del ciclo de la planta .....	8
2.4. Características del híbrido PRI 73-114 o MD-2.....	8
2.5. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de piña.....	9
2.5.1. Temperatura .....	9
2.5.2. Precipitación .....	10
2.5.3. Altitud.....	10
2.5.4. Luminosidad .....	11
2.5.5. Viento .....	11
2.5.6. Suelos.....	11
2.6. Fenología del cultivo de la piña.....	12
2.7. Principios sobre la fisiología de la inducción y diferenciación floral en piña.....	13
2.8. El etileno y sus principales efectos fitofisiológicos .....	14
2.9. La biosíntesis del etileno .....	14

2.10.	Antagonistas o inhibidores de la biosíntesis del etileno .....	16
2.11.	Inducción artificial del desarrollo reproductivo en piña (forzamiento) .....	16
2.12.	Agentes inductores de la floración artificial en piña o forzamiento. ....	17
2.13.	Floración naturalmente diferenciada en piña (NDF) .....	18
2.14.	Desventajas de la NDF en la producción comercial de piña .....	18
2.15.	Factores que intervienen en la manifestación de NDF .....	19
2.16.	Control cultural de la NDF .....	20
2.17.	Beneficios del control de la NDF .....	20
2.18.	Aviglicina un agente inhibidor de la biosíntesis del etileno .....	21
<b>3.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>23</b>
3.1.	Descripción del lugar de estudio .....	23
3.2.	Periodo de estudio .....	23
3.3.	Material experimental .....	24
3.4.	Descripción de los tratamientos .....	26
3.4.1.	Factores en estudio .....	27
3.4.2.	Niveles dentro de cada factor (volumen, dosis y lote) .....	27
3.5.	Descripción del Diseño Experimental .....	28
3.5.1.	Arreglo de los tratamientos .....	28
3.5.2.	Modelo estadístico para el análisis de factores en estudio .....	28
3.5.3.	Número de repeticiones y grados de libertad del error .....	28
3.5.4.	Croquis y especificación del diseño experimental .....	29
3.5.5.	Unidad y área experimental .....	30
3.5.6.	Parcela útil .....	30
3.5.7.	Procedimiento en el análisis estadístico de las variables de respuesta .....	30
3.6.	Equipo de aplicación .....	31
3.7.	Preparación de la solución aplicada en cada tratamiento .....	33
3.8.	Procedimiento .....	34
3.9.	Variables de respuesta estudiadas .....	35
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>39</b>
4.1.	Observaciones generales .....	39
4.1.1.	Descripción de reacción de la planta asociada al efecto de PinCor® (AVG) ...	39
4.1.2.	Descripción de la aspersion de acuerdo al volumen de aplicación .....	42
4.1.3.	Descripción de mortalidad de plantas en área experimental .....	43

4.2. Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la floración naturalmente diferenciada. ....	43
4.2.1. Evaluación preliminar de la floración naturalmente diferenciada (NDF) .....	43
4.2.2. Identificación de las frutas naturalmente diferenciadas (NDF) .....	49
4.3. Distribución de las frutas NDF en el tiempo (eventos NDF) .....	57
4.4. Relación entre la incidencia porcentual de NDF y la temperatura ambiental. ....	59
4.5. Efecto de PinCor® sobre la eficacia de la inducción artificial (ADF). ....	60
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>62</b>
<b>6. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>64</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA CITADA.....</b>	<b>65</b>
<b>8. ANEXOS .....</b>	<b>70</b>

## LISTA DE CUADROS

- Cuadro 1.** Estudios realizados en diferentes latitudes que demuestran el potencial de Aviglicina en el control de la floración naturalmente diferenciada en piña. .... 22
- Cuadro 2.** Descripción del cultivo y sus condiciones de acuerdo a su ubicación durante la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016. .... 25
- Cuadro 3.** Identificación de tratamiento, combinación de dosis y volumen, número y frecuencia de aplicaciones, usados para la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016. .... 26
- Cuadro 4.** Programa de aplicación de tratamientos durante la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016. .... 27
- Cuadro 5.** Fuentes de variación y grados de libertad en estudio sobre la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016. .... 29
- Cuadro 6.** Equipo y materiales usados durante la ejecución de aplicaciones en la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016. .... 32
- Cuadro 7.** Volumen de aplicación, producto, condición de pH y total de solución por tratamiento en la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016... 33
- Cuadro 8.** Número de aplicación, periodo, hora de ejecución y estado del tiempo durante ejecución del programa de aplicaciones en evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016. .... 34
- Cuadro 9.** Definición de variable, método de medición, número de observación y periodo de observación durante la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016. .... 36
- Cuadro 10.** Clasificación de los grados de afección debido a la reacción de la planta asociada al efecto Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016. .... 40

<b>Cuadro 11.</b> Caracterización de las aspersiones con alto y bajo volumen durante investigación sobre la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.....	42
<b>Cuadro 12.</b> Cantidad de brotes florales observados 2 daif (frecuencia absoluta y relativa) en los tratamientos para ambos lotes en la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.....	46
<b>Cuadro 13.</b> Diferencia de medias y valores <b>p</b> presentados en forma matricial para el contraste de medias de tratamientos en la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.....	48
<b>Cuadro 14.</b> Cantidad de brotes florales observados en semana quince del 2016, transcurridos 40 ddif (frecuencia absoluta y relativa) en dos lotes durante estudio de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016. ....	52
<b>Cuadro 15.</b> Diferencia de medias y valores <b>p</b> presentados en forma matricial para el contraste de tratamientos transcurridos 40 ddif, durante la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016. ....	55
<b>Cuadro 16.</b> Coeficientes en la prueba de contrastes ortogonales y p-valor en la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.....	56
<b>Cuadro 17.</b> Distribución de los eventos de NDF durante evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016. ....	57
<b>Cuadro 18.</b> Plantas evaluadas, plantas inducidas y no inducidas durante evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016. ....	61

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Ruta de biosíntesis del etileno y el ciclo de Yang a partir de metionina..... 15
- Figura 2.** Cronograma de actividades ejecutadas durante la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016..... 23
- Figura 3.** Área experimental en uno de los lotes durante la demarcación de unidades experimentales para la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016. .... 25
- Figura 4.** Asignación de cada tratamiento en un DBCA dentro de cada lote en la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016..... 29
- Figura 5.** Diseño de parcela experimental y parcela útil en estudio sobre la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016. .... 30
- Figura 6.** Equipo de aplicación a bajo volumen (**A**) y equipo a alto volumen (**B**), se muestra el equipo de protección personal usado durante la aplicación de tratamientos de la investigación de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016. .... 32
- Figura 7.** Operador ejecutando aplicación a bajo volumen (25 l/ha) durante experimento sobre la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016..... 35
- Figura 8.** Guía fotográfica del avance del desarrollo fenológico de la inflorescencia en piña, usada durante la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016. .... 37
- Figura 9.** Proceso de observación visual del desarrollo de la inflorescencia, clasificación y anotación en registro durante la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016..... 38
- Figura 10.** Determinación en campo del estadio del desarrollo del brote floral y comparación con guía fotográfica durante la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016..... 38

<b>Figura 11.</b> Planta con síntomas de reacción en el primer tercio de las hojas, asociada al efecto de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016. ....	39
<b>Figura 12.</b> Incidencia de clorosis en función de la dosis de Aviglicina (PinCor®) a alto y a bajo volumen, registrado diez días antes de forzamiento durante estudio de la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.....	41
<b>Figura 13.</b> Imagen de papel sensible en la planta de piña post aplicación a bajo volumen (A) y a alto volumen (B) durante investigación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.....	42
<b>Figura 14.</b> Plantas que presentaron mortalidad pre-forzamiento en experimento sobre la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016. ....	43
<b>Figura 15.</b> Planta de piña en condición NDF con seis semanas de desarrollo floral: parte A; obsérvese la emergencia del cono y parte B; corte longitudinal donde se observa el avance del desarrollo floral correspondiente a semana seis, durante investigación sobre la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.....	44
<b>Figura 16.</b> Plantas en condición NDF observadas 2 daif (A: obsérvese la emergencia del “cono bajo” y B: “cono medio”), en la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016. ....	45
<b>Figura 17.</b> Incidencia porcentual de NDF en función de tratamientos (dosis y volumen) a 2 daif, en investigación sobre la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016...	47
<b>Figura 18.</b> Brote floral producto del forzamiento transcurridos 40 ddif (obsérvese residuos de carbón activado y cono bajo en emergencia) durante la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.....	50
<b>Figura 19.</b> Frutas producto de NDF en diferentes estadios de desarrollo, A: 13 semanas dif, B: 12 semanas dif y C: 11 semanas dif, durante estudio sobre la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016. ....	51
<b>Figura 20.</b> Incidencia porcentual de NDF en función de los tratamientos (dosis y volumen) transcurridos 40 ddif, en experimento sobre la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.....	53

**Figura 21.** Incidencia porcentual de NDF (Frecuencia acumulada) en función de la fecha de diferenciación floral durante evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016..... 58

**Figura 22.** Temperatura mínima, máxima, media y diferencial de temperatura en eje izquierdo, e incidencia de NDF en eje derecho, durante el periodo de evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016. .... 60

**Figura 23.** Estadio de desarrollo de frutas NDF y ADF transcurridos 70 ddif, durante la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016..... 61

## RESUMEN

En Costa Rica, la piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) es el segundo producto en importancia con una representación del 7% de total de exportaciones. El forzamiento permite una producción constante y programada de fruta durante todo el año, siendo aspecto clave en la sostenibilidad de las fincas. La floración naturalmente diferenciada en piña (NDF) es la mayor limitante en la producción ordenada traduciéndose en fructificación no programada y es considerado como uno de los mayores problemas especialmente de diciembre a marzo. NDF incrementa los costos de producción y reduce los beneficios para el productor. Este fenómeno es regulado por varios factores ambientales, especialmente por condiciones de temperaturas bajas y días cortos, factores que estimulan una mayor biosíntesis de etileno. El AVG es un agente inhibidor de la biosíntesis de etileno, varios autores señalan que AVG reduce y retarda NDF en piña. La formulación PinCor® se considera como una alternativa para reducir la incidencia de NDF en plantaciones de piña, por lo que surge la necesidad de demostrarlo con estudios de campo. El objetivo de este trabajo fue evaluar la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2 durante el periodo del año de mayor susceptibilidad. La investigación se realizó en Agrícola Agromonte S.A., ubicada en Boca de Arenal, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. En dos lotes dentro de la finca se evaluaron tres dosis de PinCor® (0,25 l/ha, 0,50 l/ha y 1,0 l/ha) aplicadas a alto volumen (2.000 l/ha) y a bajo volumen de solución (25 l/ha), además de un Testigo absoluto. Se trataron plantas de 213 a 225 días de edad, con peso medio de 1,7 kg a 1,87 kg. Se realizaron aplicaciones semanales consecutivas, iniciando en semana 48 del año 2015 y concluyendo en semana 08 del año 2016. Los resultados obtenidos demuestran que PinCor® (AVG) en dosis de 0,25 l/ha, 0,50 l/ha y 1,0 l/ha aplicado en volumen de solución de 25 l/ha (2.000 ppm, 4.000 ppm y 8.000 ppm de i.a) y en volumen de solución de 2.000 l/ha (25 ppm, 50 ppm y 100 ppm) reduce la floración natural del 43,7% al 6,9 % en contraste con plantas no tratadas; durante la semana 48 de 2015 hasta semana 08 del 2016. El factor lote mostró ser estadísticamente significativo ( $p < 0,001$ ) en la expresión de la NDF, donde la magnitud de la incidencia puede estar influenciada por condiciones

propias de cada microambiente. Los niveles del factor volumen de aplicación (25 l/ha y 2.000 l/ha) resultó no significativo ( $p=0,10$ ) en la eficacia de PinCor®. En cambio cada nivel de la dosis de aplicación de PinCor® mostraron diferencias altamente significativas ( $p<0,001$ ), a medida que se incrementa la dosis (0,25 l/ha, 0,5 l/ha y 1,0 l/ha) la incidencia porcentual de NDF fue menor. El mejor resultado se obtuvo con la dosis de 1,0 l/ha aplicado a 25 l/ha (correspondiente a 8.000 ppm), la cual suprimió al 100% la incidencia de NDF. Se encontró que PinCor® en concentraciones de 2.000 ppm a 8.000 ppm de i.a, aplicado en solución de 25 l/ha puede generar síntomas de reacción clorótica temporal en la planta en respuesta a alta concentración del i.a. El 100% incidencia de NDF se expresó durante la semana dos del 2016 hasta semana ocho del 2016, con mayor incidencia durante semana tres (24,4 %), semana cinco (23,5%) y semana seis (27,1%) del año 2016. Los eventos NDF se relacionan con la exposición de la plantación por un tiempo mayor a los 50 minutos diarios a condiciones de temperaturas inferiores a los 20 °C asociados a un diferencial de temperatura inferior a 4 °C, a mayor exposición diaria bajo la misma la NDF tiene a incrementar. Con base en los porcentajes de frutas obtenidas por floración natural y por inducción artificial (forzamiento) no se encontraron evidencias que AVG afecte la sensibilidad al etileno exógeno aplicado en forma foliar mediante gas etileno. La variación observada en la incidencia de NDF en plantas tratadas con Aviglicina (PinCor®) y plantas no tratadas, demuestra que AVG reduce la NDF en piña, y puede suprimir el fenómeno con aplicación foliar de 8.000 ppm de i.a aplicado a bajo volumen de solución. Bajo las condiciones ambientales y culturales del cultivo los eventos NDF se presentaron con mayor magnitud en enero y febrero. La expresión de NDF coincide con condiciones de temperaturas bajas inferior a los 20 °C y a mayor exposición diaria bajo la misma la NDF tiene a incrementar. El AVG no afecta la sensibilidad de las plantas de piña al etileno exógeno.

## ABSTRACT

In Costa Rica, pineapple (*Ananas comosus* var. *comosus*) is the second most important product with a performance of 7% of total exports. The forcing process, allows a constant and programmed production of fruit throughout the year, which is the key of the sustainability of farms. The Naturally Differentiated Flowering of pineapple (NDF) is the major limiting factor in the orderly production, resulting in unscheduled fruitfulness and it is considered one of the biggest problems; especially, from December to March. NDF increases production costs and reduces the benefits for the producer. This phenomenon is regulated by various environmental factors, principally low temperatures and short days, which stimulate the increase of ethylene biosynthesis. AVG is an agent that inhibits ethylene biosynthesis, several authors' state that AVG reduces and delays the NDF in pineapple. The PinCor® formulation is considered as an alternative to reduce the incidence of NDF in pineapple plantations; as a result, it arises the need to prove it through field studies. The aim of this study was to evaluate the effectiveness of Aviglycine (PinCor®) in reducing the NDF in hybrid MD-2 pineapple during the year's biggest susceptibility period. The research was conducted in Agrícola Agromonte S.A., located in Boca de Arenal, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. In two batches within the farm, there were used three doses of PinCor® (0.25 L/ha, 0.50 L/ha and 1.0 L/ha) applied at high volume (2,000 L/ha) were evaluated at low volume solution (25 L/ha) plus an absolute control. In the process, plants of 213- 225 days old were treated, with average plant weight of 1.7 kg to 1.87 kg. Consecutive weekly applications were made, starting in week 48 of 2015 and concluding in week 08 of 2016. The results show that PinCor® (AVG) in doses of 0.25 L/ha, 0.50 L/ha and 1.0 L/ha, applied in solution volume of 25 L/ha (2,000 ppm, 4,000 ppm and 8,000 ppm a.i) and solution volume of 2,000 L/ha (25 ppm, 50 ppm and 100 ppm) reduced the natural flowering from 43.7% to 6.9% in contrast to untreated plants; during the week 48 of 2015 to week 08 of 2016. The batch factor was shown to be statistically significant ( $p < 0.001$ ) in the expression of the NDF, where the magnitude of the impact can be influenced by specific conditions to each microenvironment. Levels of application volume (25 L/ha and 2,000 L/ha) factor were not significant

( $p=0.10$ ) in the efficacy of PinCor<sup>®</sup>. Instead each dose level application PinCor<sup>®</sup> showed highly significant differences ( $p < 0.001$ ), as the dose (0.25 L/ha, 0.5 L/ha and 1.0 L/ha increases has) the percentage incidence of NDF was lower. The best result was obtained with the dose of 1.0 L/ha applied at 25 L/ha (corresponding to 8,000 ppm), which suppress incidence of NDF (0% NDF). It was found that PinCor<sup>®</sup> in concentrations of 2,000 ppm to 8,000 ppm a.i, applied in solution 25 L/ha, can generate temporary chlorotic symptoms in response to high concentration of a.i. The incidence of 100% of NDF was expressed during the second week of 2016 to week number eight 2016, with the highest incidence during week three (24.4%), week five (23.5%) and week six (27.1%) 2016. The NDF events are related to daily plantation exposure for over than 50 minutes to conditions of temperatures below 20 °C associated with a differential temperature below 4 °C, and on a higher daily exposure under the same terms, the NDF tends to increase. Based on the percentages of fruits obtained by natural flowering and artificial induction (forcing) no evidence was found that AVG affect the plant sensitivity to exogenous ethylene applied as foliar by ethylene gas. The observed variation in the incidence of NDF in plants treated with Aviglycine (PinCor<sup>®</sup>) and untreated plants, demonstrates that AVG reduces NDF pineapple, and can suppress the phenomenon with foliar application of 8,000 ppm a.i, applied to low volume of solution. Under the environmental and cultural conditions of cultivation, NDF events occurred with greater magnitude in January and February. NDF expression coincides with conditions of low temperatures below 20 °C. AVG not affect the sensitivity of pineapple plants to exogenous ethylene.

# 1. INTRODUCCIÓN

La piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) es típica de regiones tropicales (Bartholomew *et al.* 2003). El 14% de la producción mundial se comercializa como fruta fresca. Para el año 2013, la producción mundial se estimó en 24,8 millones (mill) de toneladas métricas (tm), registrando un incremento de 63,7% en comparación con las 15,14 mill de tm producidas durante el año 2.000, con incremento anual de 4,9%. El 47,1% de dicha producción se concentró en cinco países: Costa Rica, Brasil, Filipinas, Tailandia e Indonesia, con valores porcentuales de 10,83%, 10,02%, 9,92%, 8,91% y 7,41% respectivamente (FAO 2016).

En el año 2015, Costa Rica registró un área de 40 mil ha de piña, distribuidas en zona Norte (51%), Atlántica (28%) y Pacífica (21%), la actividad genera 28 mil empleos directos, distribuidos en 170 exportadores y 61 plantas empacadoras. Durante el año 2015, las exportaciones de piña fresca de Costa Rica fueron de 1,86 mill de tm generando divisas por USD 807,3 mill (CANAPEP 2016), representando un 7% del total de las exportaciones, siendo el segundo producto en importancia a nivel nacional por arriba del banano con 6,8% (PROCOMER 2014).

En plantaciones comerciales para la exportación de fruta fresca es estrictamente necesario realizar la inducción artificial de la floración (forzamiento o forza), la cual permite sincronizar la producción con su programación y con la demanda de mercado. La decisión del momento apropiado para forzar en la mayoría de las fincas se determina con base en el peso medio las plantas dentro de un rango establecido, por lo general 1,82 kg a 2,5 kg (4,0 lbs a 5,5 lbs) con edad después de siembra entre los ocho y nueve meses (Garita 2014).

El etileno es la hormona natural que controla la inducción floral (natural y artificial) en piña, siendo el mejor agente para el forzamiento (Soler *et al.* 2006), siempre que se habla de inducción floral (natural o artificial) o su inhibición, todos los caminos conducen al etileno (Bartholomew 2014).

Una vez que la planta de piña alcanza un peso y porte adecuado, los patrones que retardan el crecimiento vegetativo y estimulan el reproductivo pueden facilitar la iniciación de la floración naturalmente diferenciada (NDF) en cualquier momento del año (Bartholomew *et al.* 2003), especialmente cuando se presentan condiciones en el ambiente de **temperaturas bajas y días cortos** (Bartholomew *et al.* 2003, Kuan *et al.* 2005, Trusov y Botella 2006, Pinto da Cunha 2009, Kuoos 2010, Rabie *et al.* 2013, Lin *et al.* 2015), factores que estimulan una mayor biosíntesis de etileno en los diferentes tejidos de la planta (Trusov y Botella 2006). El porcentaje de NDF en periodos de mayor susceptibilidad puede alcanzar valores de hasta el 100% durante cualquier año según cada latitud (Kuan *et al.* 2005).

El fenómeno de NDF en piña es un gran problema para el proceso de gestión de los cultivares, especialmente en el híbrido MD-2 que presenta alta susceptibilidad (Bartholomew 2014) y continúa siendo uno de los problemas no resueltos (Garita 2014). La NDF es la mayor limitante para la producción programada y ordenada, resulta en una fructificación no programada (Wang *et al.* 2007), reduce los rendimientos (Kuan *et al.* 2005), la fructificación por NDF no encuentra un mercado a precio rentable (Wang *et al.* 2007, Rabie *et al.* 2013), afecta el segundo ciclo de cultivo (Bartholomew y Uruu 2008), incrementa los costos de cosecha (Wang *et al.* 2007, Rabie *et al.* 2013) y los costos de producción (Kuan *et al.* 2005), todos sus efectos son contrarios a los beneficios del forzamiento (inducción artificial). En consecuencia, todos sus efectos negativos reducen los beneficios económicos para el productor (Wang *et al.* 2007).

El Aviglicina o Aminoetoxi-vinil-glicina (AVG) un agente inhibidor de la biosíntesis del etileno reduce y retarda NDF en piña (Kuan *et al.* 2005, Lin *et al.* 2006, Wang *et al.* 2007, Bartholomew y Uruu 2008, Rebolledo *et al.* 2008, Bartholomew y Uruu 2009, López *et al.* 2010, Rabie *et al.* 2011, Rabie *et al.* 2013) y no afecta la sensibilidad de la planta al etileno exógeno (López *et al.* 2010). Los mejores resultados se han obtenido mediante aplicaciones semanales de 100 mg/l de AVG en 2.400 l/ha de agua (Bartholomew 2013). El AVG puede controlar NDF con una relación costo/beneficio aceptable (Bartholomew 2014), pero puede representar un costo de hasta USD 2.400/ha para cada periodo de riesgo de NDF (Bartholomew 2013).

No obstante, algunos estudios muestran que las tasas de aplicación son costosas y se recomienda la evaluación de tasas de aplicación más rentables (Rabie *et al.* 2011, Rabie *et al.* 2013). Conociendo la problemática sobre NDF, así como el potencial de la AVG para su control y reducción, sumado a la necesidad de realizar nuevos estudios para reducir los costos de aplicación de AVG, en la ejecución de este trabajo se plantean los siguientes objetivos.

### **1.1. Objetivo general**

Evaluar la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la floración naturalmente diferenciada (NDF) en piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) híbrido MD-2 durante el periodo de mayor susceptibilidad en Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica.

### **1.2. Objetivos específicos**

1. Evaluar el efecto de tres dosis de PinCor® (Aviglicina): 0,25 l/ha., 0,5 l/ha., y 1,0 l/ha del producto comercial, aplicadas a alto volumen de solución (AV: 2.000 l/ha) correspondientes a concentraciones de 25 ppm, 50 ppm y 100 ppm del i.a, sobre la reducción de la floración naturalmente diferenciada (NDF) en piña híbrido MD-2 durante el periodo de mayor susceptibilidad en San Carlos, Costa Rica, comprendido entre la semana 48 del año 2015 hasta la semana nueve del año 2016.
2. Evaluar el efecto de tres dosis de PinCor® (Aviglicina): 0,25 l/ha., 0,5 l/ha., y 1,0 l/ha del producto comercial, aplicadas a bajo volumen de solución (BV: 25 l/ha) correspondientes a concentraciones de 2.000 ppm, 4.000 ppm y 8.000 ppm del i.a, sobre la reducción de la floración naturalmente diferenciada (NDF) en piña híbrido MD-2 durante el periodo de mayor susceptibilidad en San Carlos, Costa Rica, comprendido entre la semana 48 del año 2015 hasta la semana nueve del año 2016.

3. Determinar si Aviglicina (PinCor®) aplicado a bajo volumen de solución (25 l/ha) a través de una emulsión aceite en agua (O/W) simulando la aplicación aérea con Drones, mantiene su eficacia en la reducción de la NDF en comparación con la aplicación tradicional a alto volumen (AV: 2.000 l/ha); como una herramienta que a corto plazo permita el uso de tasas de aplicación más rentables.
4. Contrastar el método de aplicación de Aviglicina (PinCor®) a bajo volumen de solución (BV: 25 l/ha) con el método de aplicación tradicional a alto volumen de solución (AV: 2.000 l/ha) con equipo aspersor (Spray Boom), con base en su eficacia sobre la reducción de la NDF.
5. Determinar la dosis de PinCor® que provee una mayor eficacia en la reducción de la floración naturalmente diferenciada en piña (NDF) híbrido MD-2, según cada método de aplicación.

### **1.3. Hipótesis de investigación**

- Aspersiones semanales consecutivas de Aviglicina (PinCor®) reducen la incidencia del fenómeno de floración naturalmente diferencia (NDF) en plantaciones de piña híbrido MD-2 de primera cosecha, en contraste con las plantas no tratadas (Testigo absoluto).
- Las dosis de Aviglicina (PinCor®) en litros del producto comercial por hectárea aplicadas a bajo volumen (BV) de solución (25 l/ha) en ciclos semanales consecutivos mantiene su eficacia en la reducción de la incidencia NDF en plantas de piña híbrido MD-2, respecto a la aplicación tradicional a alto volumen (AV) donde se utiliza 2.000 litros de solución por hectárea aplicados con equipo aspersor (Spray Boom), en igual número de ciclos bajo el mismo intervalo entre cada aplicación.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Origen, domesticación y distribución del cultivo de la piña

El ananás (“a” por fruta y “nana” por sabrosa) fue descubierto por los españoles durante el II viaje de Colón a Isla Guadalupe (Garita 2014). Los nativos habían domesticado el cultivo y tenían profundo conocimiento en selección y en ciclo de producción (Bartholomew *et al.* 2003). Se considera el Norte de Brasil como su verdadero origen (Jiménez 1999, Bartholomew *et al.* 2003, Garita 2014). A finales del siglo XVII en Europa se le cultivaba en invernadero, el conocimiento sobre su cultivo se expandió a otras regiones del mundo durante los siglos XVIII y XIX, actualmente se cultiva en todas las regiones tropicales (Bartholomew *et al.* 2003).

### 2.2. Clasificación taxonómica

Coppens y Leal (2003), modifican la nomenclatura de Smith & Downs (1979), basados en su profundo estudio sobre la estructura floral, la biología y el número de cromosomas ( $2n= 50$ ) dentro del género *Ananas* y definen el taxón como; **Reino:** *Plantae*, **División:** *Magnoliophyta*, **Clase:** *Liliopsida* (monocotiledoneas), **Orden:** *Bromeliales*, **Familia:** *Bromeliaceae*, **Sub familia:** *Bromelioideae*, **Género:** *Ananas*, **Especie:** *comosus*: **Variante** *comosus* (Butcher y Gouda 2014).

### 2.3. Descripción botánica y morfológica

El *Ananas comosus* var. *comosus* es una planta tropical herbácea, perenne, monocotiledónea y alógama (Pinto da Cunha 2009), su vía fotosintética es por medio del metabolismo ácido de las crasuláceas [CAM] (Malézieux *et al.* 2003, Coppens y Leal 2003). La planta conforma una roseta que tiene como base la unión compacta de hojas sobre un tallo aéreo (Garita 2014), su porte es pequeño alcanzando una altura no mayor a los 1,5 metros (Castro 1994, Pérez y Garbati 2004). Esta planta desarrolla hojas a partir del meristema apical en etapa vegetativa y que posteriormente pasa por transformaciones originando una inflorescencia que a la vez da origen a un fruto

múltiple (infrutescencia), en seguida retorna a su etapa vegetativa originando una corona de hojas sobre la parte posterior de su fruto (Pinto da Cunha 2009).

### **2.3.1. Las raíces**

El sistema radical está formado por raíces fibrosas, secundarias y en su mayoría adventicias, formando un sistema corto y compacto en forma de manojo alrededor de la base del tallo y por lo general su vida es efímera (Jiménez 1999). Bajo condiciones ideales las raíces pueden alcanzar más de 100 cm de distribución lateral y hasta 85 cm de profundidad (Coppens y Leal 2003) y la mayor concentración se localiza en los primeros 30 cm de profundidad (Garita 2014).

### **2.3.2. El tallo**

Lo constituye una especie de maza de consistencia herbácea, carnosa y rígida, que inicia desde la base del sistema radical, continuando en el pedúnculo floral, que a la vez se proyecta hasta el eje central de la inflorescencia y fruto, para terminar en el ápice de la corona durante fase reproductiva y en el ápice del meristema terminal durante fase vegetativa (Py 1969, Jiménez 1999, Garita 2014). Su longitud varía de 25 cm a 40 cm, con un diámetro basal de 2,5 cm a 4,0 cm y con un diámetro por abajo del meristema terminal de 6,5 cm a 7,5 cm (Garita 2014). El tallo almacena reservas de carbono en forma de almidón en crecimiento vegetativo, que luego son usadas para cubrir una parte de la creciente demanda de carbono durante la formación del fruto (Malézieux *et al.* 2003).

### **2.3.3. Hojas**

Las hojas son de forma lanceolada, alargadas y con venación paralela, están dispuestas en el tallo en forma de espiral (roseta), presentando espinas en su margen en algunas variedades (Jiménez 1999). En su ciclo la planta puede producir de 70 a 80 hojas (Py 1969, Pérez y Garbati 2004, Garita 2014), no todas son iguales en tamaño y forma debido a cambios inducidos por la edad de la planta y posición de las hojas en el tallo (Py 1969, Garita 2014). La hoja "D" es la más larga (Py 1969, Garita 2014), ésta

misma se utiliza para evaluar el estado nutricional y el crecimiento de la planta (Malézieux *et al.* 2003, Garita 2014). La masa foliar puede representar el 85% del peso total de la planta (Garita 2014).

#### **2.3.4. El pedúnculo, la inflorescencia y la fruta**

El área del meristema apical caulinar es relativamente pequeño, una vez que recibe la señal de inducción su tamaño se amplía en forma considerable, iniciando el proceso de transformación en inflorescencia en forma de cono (Bartholomew *et al.* 2003). Garita (2014), menciona que a los doce días post inducción realizando un corte longitudinal en la planta es posible observar la diferenciación floral mediante la elongación del meristema apical caulinar y a los 45 días post inducción se observa la emergencia del brote floral en el cono central de la planta.

En primera etapa se desarrollan estructuras llamadas brácteas y sobre la axila de cada bráctea se formará una fructificación (Bartholomew *et al.* 2003). En cada punto axilar sobre el mismo nivel se originan las partes de cada flor (tres pétalos, tres sépalos, seis estambres y un pistilo tricarpelar con ovario ínfero) y continúan creciendo lejos de su punto de origen formando una cavidad que finalmente se cierra y dentro de cada cavidad se sitúan tres carpelos con ovario ínfero (pistilo), donde cada ovario puede originar un frutículo sin necesidad de fecundación; sin embargo, puede ocurrir polinización cruzada, por lo que se producirán semillas (Garita 2014). En totalidad se pueden desarrollar un conjunto de 100 a 200 flores de color lavanda o azul púrpura, llamada inflorescencia (Jiménez 1999, Evans *et al.* 2002, Coppens *et al.* 2011). Cada ovario ínfero unido al eje central originará un frutículo en forma de baya, el conjunto de hileras de bayas en forma conjunta con las brácteas y el eje central darán lugar a la infrutescencia carnosa o fruta (Garita 2014). Las frutas que se producen para el comercio van desde los 1,25 kg hasta 3,5 kg de peso, y maduran en promedio a los cinco meses post inducción floral (Jiménez 1999).

### **2.3.5. Retoños y su importancia en el desarrollo del ciclo de la planta**

Al madurar el fruto, la planta desarrolla nuevos retoños (brotes) a partir de yemas axilares que facilitan la reproducción asexual y contribuyen a generar una secuencia de ciclos de producción (Py 1969, Bartholomew *et al.* 2003, Garita 2014). De la parte apical hacia la parte basal de la planta se desarrollan las siguientes estructuras vegetativas: En primer orden se desarrolla el bulbillo o “rebrote basal del fruto” (*slip*). En segundo orden en el sitio de unión del tallo y el pedúnculo se origina el retoño intermedio (*hapa*). Seguidamente a partir de yemas axilares del tallo se desarrolla el brote del tallo (*sucker*) y su importancia radica en que es el rebrote el que asegura la segunda cosecha. Finalmente, en la parte subterránea del tallo se originan los hijuelos o hijos de tierra (Garita 2014).

### **2.4. Características del híbrido PRI 73-114 o MD-2.**

En 1970, el PRI (*Pineapple Research Institute*) desarrolla el híbrido 73-114 caracterizado por el color amarillo de la pulpa. En el año 1986, este híbrido fue asignado a Del Monte bajo la denominación de MD-2 y parte del material fue enviado a Costa Rica, a la compañía PINDECO; dicha compañía en el año 1996, lanza una fuerte campaña publicitaria y lo comercializa como *Gold Extra Sweet Pineapple*, logrando gran aceptabilidad en los mercados internacionales, lo que contribuyó a transformar su panorama mundial (Garita 2014).

El híbrido MD-2 crece rápidamente, llegando a tener un peso de planta al forzamiento de dos a tres meses antes que la variedad Champaka, por lo que su ciclo de cultivo es corto. Produce una fruta de hombros cuadrados sobre un pedúnculo corto con dos o más retoños, además tiene el porcentaje más alto de fruta comercial entre los tamaños (calibres) de siete a doce en primera cosecha en relación a otros híbridos (Jiménez 1999).

La fruta al madurar es de coloración externa amarillo brillante e internamente su pulpa es de color amarillo muy llamativo, con mayor traslucidez que las otras variedades. Su sabor es catalogado como excelente, dulce y de poca acidez, con buen

balance entre azúcares y ácidos, lo que ha conducido a superar a otras variedades en cuanto a aceptación en el mercado mundial (Garita 2014).

Este híbrido es altamente susceptible a la pudrición de tallos y raíces, causado por *Phytophthora cinnamomi* (“pudrición del fruto”) y *Phytophthora parasítica* (“pudrición del cogollo”) (Jiménez 1999). Su fruta es extremadamente resistente a la enfermedad de las manchas negras (*Fusarium guttiforme*) y susceptible a pudrición de fruta, moho blanco de la cáscara, y gomosis causados por *Chalara paradoxa*, *Penicillium* sp. y microlepidópteros respectivamente (Garita 2014). Además, es un cultivar altamente sensible a la floración naturalmente diferenciada (NDF) en la mayoría de las regiones donde el fotoperiodo de invierno es menor a 11,5 h/día (Bartholomew 2014).

## **2.5. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de piña**

### **2.5.1. Temperatura**

La temperatura es el principal factor que limita al cultivo, la planta no puede sobrevivir a heladas (Garita 2014), éste factor determina la proporción de crecimiento de los diferentes órganos de la planta, por lo tanto, su desarrollo (Py 1969), además es determinante en calidad de la fruta (Jiménez 1999). El crecimiento de la planta es casi inexistente por debajo de 7 °C y por encima de 40 °C, tales temperaturas durante largos períodos son inadecuadas (Hepton 2003), el crecimiento decrece rápidamente a temperaturas medias por debajo de los 15 °C y por encima de los 32 °C (Malézieux *et al.* 2003). Carvalho *et al.* (2000), citado por Carvalho *et al.* (2005), determinaron que 15,8 °C es la temperatura base ( $T_b$ ) donde se detiene el desarrollo de la planta de piña debido al frío.

La temperatura mínima para una buena producción es de 15,5 °C (Jiménez 1999), por arriba de los 35 °C el crecimiento de raíces y hojas se detiene (Py 1969, Garita 2014), el máximo crecimiento de la planta se registra entre los 22 °C y 30 °C (Malézieux *et al.* 2003). El rango óptimo para el cultivo es de 23°C hasta 30°C (Castro 1994, MAG 2007), siendo los 25°C la temperatura ideal para obtener una mejor calidad de la fruta (Py 1969, Saborío 2000, Hepton 2003).

La buena calidad de la fruta se atribuye a sitios con temperaturas medias diurnas que van desde los 21 °C hasta los 29,5 °C y no superior a los 32 °C, en combinación con días soleados (Evans *et al.* 2002). El crecimiento del fruto cesa por debajo de los 10 °C y por encima de los 35 °C (Bartholomew *et al.* 2003).

Temperaturas debajo de 15 °C durante las noches facilitan la NDF (Jiménez 1999), estudios indican que temperaturas inferiores a los 25 °C durante las noches en combinación con días cortos inducen a NDF, aunque la temperatura óptima para la NDF es desconocida, se considera como determinante el tiempo de exposición a bajas temperaturas durante las noches (Bartholomew *et al.* 2003).

### **2.5.2. Precipitación**

La piña se desarrolla bien bajo condiciones de precipitación de un mínimo de 50 mm mensuales (Jiménez 1999, Hepton 2003), aportes menores reducen el crecimiento, alargan el ciclo y disminuye el peso de la fruta (Hepton 2003), el rango óptimo comprende entre los 1.200 mm a 1.500 mm anuales bien distribuidos durante todo el año (Py 1969, Pérez y Garbati 2004). Condiciones de sequía son toleradas hasta cierto punto, pero los rendimientos se reducen cuando la humedad adecuada es insuficiente (Evans *et al.* 2002), siendo necesaria la implementación de tecnologías como; el riego, acolchado plástico y malla-sombra (Uriza 2011), por lo que se recomienda que el período seco no exceda los tres meses (Castro 1994).

### **2.5.3. Altitud**

La altitud sobre el nivel del mar determina condiciones climáticas generales, pero no es factor que en absoluto establezca criterios para el desarrollo del cultivo de piña; no obstante, muchos autores relacionan la altitud (msnm) con el rendimiento (Garita 2014). A nivel mundial se reportan plantaciones comerciales desde el nivel del mar hasta los 1.730 msnm (Malézieux *et al.* 2003). En Hawaii se le cultiva hasta los 840 msnm (Evans *et al.* 2002) y para Costa Rica, Camacho (2002), reporta cultivos desde el nivel del mar hasta los 800 msnm. En altitudes superiores a los 500 msnm sin excesos de nubosidad se pueden producir frutas de calidad aceptable (Uriza 2011).

#### **2.5.4. Luminosidad**

La luminosidad en combinación con la temperatura ejerce un efecto muy marcado en la acumulación de carbohidratos, la coloración y el tamaño de la fruta; por tanto, en su composición y el rendimiento del cultivo (Py 1969, Evans *et al.* 2002, Hepton 2003).

La piña es más productiva en zonas con amplia luz solar, siendo ideal alta radiación en combinación con temperaturas inferiores a los 32 °C (Hepton 2003). En localidades donde la variación de temperatura es poca en comparación con la variación de la radiación, ésta última puede convertirse en factor determinante del crecimiento (Malézieux *et al.* 2003), el rendimiento puede disminuir en un 20% por cada 10% de reducción de la radiación solar (Malézieux *et al.* 2003, Garita 2014).

El fotoperiodo es determinante en la duración del ciclo de la planta (Py 1969, Garita 2014), pero no es requisito único para la inducción floral (Hepton 2003), aunque fotoperiodos inferiores a 11,5 h/día incrementan la susceptibilidad en algunos cultivares a NDF, especialmente el híbrido MD-2 (Bartholomew 2014).

#### **2.5.5. Viento**

El cultivo de piña presenta susceptibilidad a vientos fuertes, debido al frágil y superficial sistema radical (Py 1969). El viento puede producir acame, frutos en plantas volcadas pueden presentar corona torcida (inclinación sobre eje vertical del tallo) y pedúnculos quebrados, que es motivo de descarte para exportación de fruta fresca (Jiménez 1999, MAG 2007).

#### **2.5.6. Suelos**

Para el buen desarrollo del cultivo se idealiza un suelo de origen volcánico (Andisoles), de textura franco arenoso con buena capacidad de drenaje (Jiménez 1999). El buen drenaje es una necesidad de lo contrario las técnicas para mejorarlo deben de ser implementadas (Evans *et al.* 2002). Bajo ninguna circunstancia se deben de presentar problemas de humedad, debido a la alta susceptibilidad del cultivo a patógenos del suelo como; *Erwinia carotovora*, *Erwinia chrysanthemi*,

*Phytophthora cinnamomi* y *Phytophthora parasítica* (Garita 2014). Los suelos ácidos son especiales para la piña, valores de pH entre 4,5 y 5,5 reducen la transmisión de enfermedades del suelo (Evans *et al.* 2002), enfermedades como *Phytophthora cinnamomi* se desarrolla más a pH bajo, mientras que *Phytophthora parasítica* en suelos más alcalinos (Jiménez 1999), por lo que suelos con pH superior a 7,0 deben de ser evitados (Evans *et al.* 2002). El pH de 5,0 a 6,0 es bueno, fuera de este rango se puede producir deficiencias nutricionales de hierro, zinc y otros (Jiménez 1999), se deben de evitar suelos salinos (Garita 2014) y es deseable buen contenido de materia orgánica y alto contenido de potasio (Evans *et al.* 2002). En cuanto a la topografía los suelos no deben de exceder el 10%-12% de desnivel para evitar problemas de erosión y de manejo del cultivo (Garita 2014).

## 2.6. Fenología del cultivo de la piña

De acuerdo a Pinto da Cunha (2009), el ciclo del cultivo puede variar de doce a 30 meses hasta la cosecha de la primera fruta y su duración depende de las condiciones ambientales y de manejo. El mismo autor señala que este puede ser dividido en tres etapas:

- a. **Fase vegetativa:** Desde el periodo de plantación hasta diferenciación floral, es muy influenciado por condiciones ambientales, época de plantación, la nutrición mineral, tipo y peso semilla (Pinto da Cunha 2009).
- b. **Fase reproductiva:** Comprende desde diferenciación floral hasta la cosecha de la fruta, es la fase de menor elasticidad, pudiendo ser inducida en forma natural o artificial, y su duración media puede variar de cinco a seis meses dependiendo de zona térmica [grados/día] (Pinto da Cunha 2009). La estimación de su duración permite escalonar y planificar la producción (Kuoos 2010).
- c. **Fase de propagación:** Tiene su inicio en fase reproductiva y se prolonga posterior a la cosecha de la fruta hasta la cosecha de la semilla (Pinto da Cunha 2009).

## **2.7. Principios sobre la fisiología de la inducción y diferenciación floral en piña**

La floración es un proceso asombroso, integrado, complejo y de carácter multifactorial (Bernier *et al.* 1993 y Kinet *et al.* 1993 citados por Pinto da Cunha 2009). En piña se han realizado numerosas investigaciones encaminadas a entender sus mecanismos, y en consecuencia lograr un mejor manejo cultural, siendo el primer cultivo donde se ha logrado realizar la inducción floral en forma artificial a escala comercial (Pinto da Cunha 2009). La fase reproductiva inicia como resultado de una respuesta fisiológica de la planta a condiciones abióticas (principalmente: fotoperiodo, temperatura y disponibilidad hídrica), o a reguladores de crecimiento (Bartholomew *et al.* 2003).

La temperatura es captada por todas las partes de la planta, sin embargo las bajas temperaturas son captadas principalmente por el ápice caulinar, el fotoperiodo es captado por las hojas y la disponibilidad hídrica, por los pelos radicales (Bernier *et al.* 1993 citado por Pinto da Cunha 2009); no obstante es necesario la existencia de una hoja en la planta para que el estímulo del florígeno pueda ser captado y pasado al ápice caulinar, lo que sugiere la transmisión de una señal de las hojas al ápice caulinar para su transformación en primordio floral, que delimita la transición entre el crecimiento vegetativo y reproductivo (Pinto da Cunha 2009).

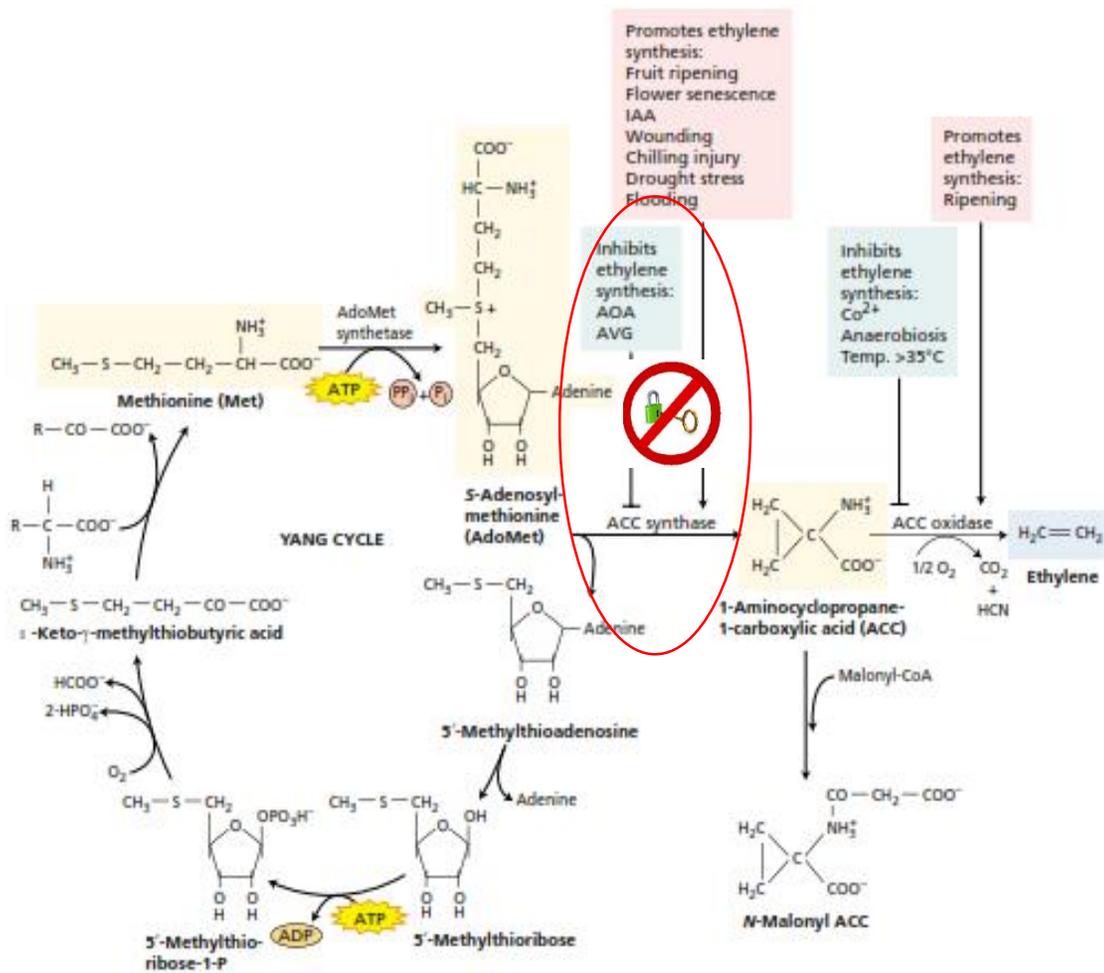
En el proceso de inducción floral en piña (natural o artificial) se ven involucrados una serie de factores intrínsecos, como el ácido indolacético (AIA) y en especial el etileno, donde este último es considerado como el factor desencadenante de la inducción floral (Pinto da Cunha 2009), así lo indica la perspectiva histórica; cuando se habla de inducción floral (natural o artificial) o su inhibición, todos los caminos conducen al etileno (Bartholomew 2014). En resumen, la diferenciación floral en piña es una respuesta fisiológica de la planta a la elevación en el contenido de etileno en el meristema apical (Burg 1966 citado por Kuoos 2010, Trusov y Botella 2006).

## 2.8. El etileno y sus principales efectos fitofisiológicos

El etileno ( $C_2H_4$ ) es la única fitohormona de naturaleza gaseosa, que puede ser sintetizada por cualquier órgano de la planta, aunque su producción es dependiente del tejido y de su estado de desarrollo, siendo los tejidos meristemáticos y nodales los más activos en su biosíntesis (Taiz y Zeiger 2002). Los niveles mínimos que implican una respuesta fisiológica son inferiores a 1 ppm (Jordán y Casaretto 2006). Por lo general las concentraciones de este gas se incrementan durante la maduración de los frutos, la senescencia (AIA), la abscisión de hojas y ante algún tipo de estrés fisiológico como: inundación, sequía y en respuesta a daños patológicos, físicos y mecánicos, principalmente daño por frío (Taiz y Zeiger 2002, Escaso *et al.* 2010). Aunque en muchas especies el etileno inhibe la floración, esta hormona induce la floración en piña y en otros miembros de la familia Bromeliaceae, en mango también interviene en el inicio de la floración y en algunas especies monoicas el etileno puede cambiar el sexo de las flores (Taiz y Zeiger 2002).

## 2.9. La biosíntesis del etileno

En el año 1979, S.F. Yang descubrió lo que se conoce como ciclo de la metionina o ciclo de Yang (Jordán y Casaretto 2006), a partir del aminoácido metionina con acción catalítica de la enzima AdoMet sintasa se forma el precursor inmediato el SAM (S - adenosil-L-metionina o AdoMet), luego mediante la acción de la enzima ACC sintasa (ACS) se produce el ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) y finalmente por la acción de la ACC oxidasa se produce el  $C_2H_4$  (etileno), durante la acción de la ACC sintasa se libera 5 metil-tio-adenosina, el cual se disocia en adenina y ribosa (metil-tio-ribosa) pasando por varias reacciones para constituir nuevamente la metionina por medio del ciclo de Yang (Azcon y Tálon 2008, Taiz y Zeiger 2002, Jordán y Casaretto 2006, Balaguera *et al.* 2014). Ver esquema del ciclo de Yang en Figura 1.



Fuente: Tomado de Taiz y Zeiger 2002.

**Figura 1.** Ruta de biosíntesis del etileno y el ciclo de Yang a partir de metionina.

La acción de la ACC sintasa es la etapa limitante de la síntesis de etileno aunque la regulación de la ACC oxidasa también puede ser un mecanismo adicional de control (Azcon y Tálon 2008, Taiz y Zeiger 2002).

La degradación del etileno puede darse en forma gradual por oxidación pasando a óxido de etileno, ácido Oxálico y CO<sub>2</sub>, además no todo el ACC es convertido a etileno, sino que una parte se conjuga a N-malonil ACC (Jordán y Casaretto 2006). Otro mecanismo de control en las plantas es por medio de la autocatálisis para regular su propia síntesis (Azcon y Tálon 2008, Taiz y Zeiger 2002).

## 2.10. Antagonistas o inhibidores de la biosíntesis del etileno

Los principales inhibidores de la biosíntesis del etileno son el Aminoetoxi-vinilglicina (AVG) y el AOA (ácido aminooxiacético) que bloquean la conversión de AdoMet a ACC, además del ión  $\text{Co}^{2+}$  bloquea la ACC-oxidasa (Taiz y Zeiger 2002, Jordán y Casaretto 2006, Balaguera *et al.* 2014). Por otro lado, se han encontrado productos que inhiben la acción del etileno compitiendo por el sitio de acción, donde se mencionan las sales de plata (nitrato y tiosulfato de plata), el 1-MCP (1-metil-ciclopropeno) y altos niveles en la concentración de  $\text{CO}_2$  (Taiz y Zeiger 2002, Balaguera *et al.* 2014). Otro grupo antagonista son los oxidantes del etileno, siendo el más importante el permanganato de potasio  $\text{KMnO}_4$  (Balaguera *et al.* 2014).

## 2.11. Inducción artificial del desarrollo reproductivo en piña (forzamiento)

La inducción floral en piña o forzamiento con el empleo de sustancias químicas o fitoreguladores ha sido ampliamente usada, debido a que la planta responde muy bien a ese tipo de práctica (Pinto da Cunha 2009). El etileno es la hormona natural que controla floración de la piña, siendo el mejor agente de forzamiento (Soler *et al.* 2006). Esta práctica es uno de los procesos más importantes en la producción de piña, de la cual depende la producción constante de la fruta (Arias y López 2007) y es punto clave para la sostenibilidad de las fincas (Soler *et al.* 2006). El forzamiento en piña según Bartholomew *et al.* (2003) y Pinto da Cunha (2009), presenta las siguientes ventajas:

- Mayor eficiencia en el uso de los factores de producción, incluyendo uso racional de la tierra.
- Uniformización de fructificación y concentración de la cosecha, con reducción de costos al reducir la variabilidad en la maduración de las frutas.
- Suministro regular y constante de frutos para el mercado durante todo el año o en épocas favorables.
- Facilidad de control fitosanitario haciendo coincidir la producción con épocas de menor presión de plagas y enfermedades.
- Control del peso y tamaño de la fruta de acuerdo a las exigencias del mercado.
- Incremento de los rendimientos por mayor cantidad de frutas cosechadas.

- Mejor distribución de la mano de obra facilitando la gestión de la finca.
- Posibilita la explotación de una segunda cosecha y producción de semilla de calidad.

A pesar de las grandes ventajas del forzamiento, también se pueden presentar algunos problemas al aplicar inductores, de acuerdo a Pinto da Cunha (2009) puede haber:

- Frutas pequeñas con coronas grandes (relación fruta/corona)
- Elongación anormal del pedúnculo
- Caída o desprendimiento de frutas
- Reducción del número de brotes por planta
- Daños y deformaciones de las frutas

## 2.12. Agentes inductores de la floración artificial en piña o forzamiento.

Los resultados han indicado a través de los años que el etileno es el mejor agente de forzamiento y sobre su base diferentes técnicas se han desarrollado y su uso continúa (Soler *et al.* 2006).

- **Gas etileno:** Inyectado en el agua + carbón activado, considerada como la técnica más ampliamente utilizada y requiere un alto nivel de mecanización. Su aplicación se realiza durante la noche para aprovechar la apertura estomática de las hojas por su naturaleza **CAM**, además para evitar la volatilización que ocurre durante las horas diurnas (Soler *et al.* 2006, Arias y López 2007, Garita 2014).
- **El carburo de calcio:** Esta sustancia después del contacto con el agua produce acetileno, un gas con una estructura química muy similar al etileno, que puede forzar la planta de piña, su naturaleza de alta combustión limita que la técnica sea eficiente, también requiere aplicación nocturna (Soler *et al.* 2006).
- **Ethrel® (Ethephon):** Es un co-polímero de liberación de etileno, se ha convertido en una técnica muy popular y se puede aplicar durante el día por su capacidad de

liberación lenta. La técnica es de baja eficiencia en condiciones climáticas de altas temperaturas (Soler *et al.* 2006, Arias y López 2007).

- **Agua fría (5 °C):** Se ha utilizado principalmente en fincas orgánicas, debido a la prohibición de otras sustancias. Da resultados sólo en plantas de alta susceptibilidad o con estrés, busca mejorar la biosíntesis natural del etileno, su eficiencia es muy baja, siendo limitada su utilización (Soler *et al.* 2006).

### **2.13. Floración naturalmente diferenciada en piña (NDF)**

Una vez que la planta de piña alcanza un peso y porte adecuado, los patrones que retardan el crecimiento vegetativo y estimulan el reproductivo, son evidentes en la mayoría de las regiones y la iniciación floral puede ocurrir en cualquier momento del año (Bartholomew *et al.* 2003). La susceptibilidad de la piña a la NDF está determinada o relacionada en gran medida por la edad y tamaño de la planta (Pinto da Cunha 2009, Rabie *et al.* 2013).

Este fenómeno de NDF está en estrecha relación con un mínimo de diferencia en la temperatura día/noche y con una reducción en las horas luz (días cortos), donde el fotoperiodo induce la floración en lugares donde existe poca variación de la temperatura día/noche (Pinto da Cunha 2009). En la latitud norte usualmente NDF ocurre durante los meses de noviembre a febrero, cuando las temperaturas son más bajas y la longitud del día más corto (Bartholomew *et al.* 2003). El híbrido MD-2 puede presentar NDF en todas las latitudes con fotoperiodos inferiores a 11,5 h/día (Bartholomew 2013). Los porcentajes de manifestación de NDF son impredecibles de estimar y su incidencia puede variar de 0 a 100% durante cualquier año y en cualquier latitud (Kuan *et al.* 2005).

### **2.14. Desventajas de la NDF en la producción comercial de piña**

El fenómeno de NDF en piña es considerado como un serio problema para los productores durante un periodo de hasta cuatro meses, especialmente de diciembre a marzo en hemisferio norte (Bartholomew y Uruu 2008) y en el hemisferio sur de mayo a agosto (Rabie *et al.* 2011, Rabie *et al.* 2013), este fenómeno es la mayor limitante

para la producción ordenada, resultando en una fructificación no programada (Wang *et al.* 2007) y puede resultar en graves pérdidas (Rabie *et al.* 2013). La NDF continúa siendo uno de los problemas no resueltos (Garita 2014) y muy serio para la gestión de los cultivares especialmente MD-2 (Bartholomew 2014).

La NDF irrumpe la programación ordenada de fruta fresca para el mercado (Bartholomew 2014), disminuye el peso de los frutos cuando las plantas son inducidas con bajo peso y extiende el pico de la cosecha (Bartholomew y Uruu 2008). Además, produce una reducción en el rendimiento e incrementa los costos de producción, o ambos (Kuan *et al.* 2005). Por lo general los frutos producidos por NDF no encuentran un mercado, en su mayoría pueden ser de bajo peso para ser comercializados, su recolección es costosa por la relación de poco porcentaje de frutas maduras en el campo en un momento dado y las múltiples acciones de cosecha (Wang *et al.* 2007, Rabie *et al.* 2013). Otro aspecto negativo de este fenómeno es que puede retrasar el desarrollo del segundo ciclo de cultivo y producir variabilidad en el tamaño de los brotes para semilla (Bartholomew y Uruu 2008). En última instancia todos estos factores negativos incrementan los costos de producción y reducen los beneficios para el productor (Wang *et al.* 2007).

### **2.15. Factores que intervienen en la manifestación de NDF**

La manifestación de NDF en las plantaciones de piña es determinada por una serie de factores, dentro de los principales se pueden mencionar: sensibilidad del cultivar o variedad, el tamaño y edad de la planta, prevaleciendo las condiciones ambientales especialmente la temperatura y fotoperiodo (Bartholomew *et al.* 2003, Kuan *et al.* 2005, Pinto da Cunha 2009, Kuoos 2010, Rabie *et al.* 2011, Rabie *et al.* 2013). La susceptibilidad del cultivo puede estar asociada a estrés hídrico y radiación (Rabie *et al.* 2011, Rabie *et al.* 2013), además se relaciona con el estrés por presión de plagas, especialmente nematodos, donde el híbrido 73-114 (MD-2) es altamente susceptible y en menor grado Smooth Cayenne (Kuan *et al.* 2005). En resumen, los dos principales factores que estimulan la floración natural en diferentes latitudes son las **temperaturas bajas y días cortos** (Bartholomew *et al.* 2003, Kuan *et al.* 2005, Trusov y Botella 2006, Pinto da Cunha 2009, Kuoos 2010, Rabie *et al.* 2011,

Rabie *et al.* 2013, Lin *et al.* 2015), los cuales estimulan una mayor síntesis de etileno en las hojas y en el meristema apical (Trusov y Botella 2006).

## **2.16. Control cultural de la NDF**

La inhibición de la NDF se asocia con prácticas culturales que principalmente reduzcan el estrés en el cultivo y promuevan el crecimiento vegetativo, por ejemplo, el exceso de fertilización nitrogenada y ambientes de clima cálido durante las noches (Bartholomew *et al.* 2003). Lin *et al.* (2015), lograron reducir hasta en un 100% la NDF durante el periodo crítico con el uso de sombreado al 90% y con el incremento de la fertilización con urea. También se puede optar por sembrar semilla de tamaño adecuado para que produzcan frutas de tamaño y valor de mercado, evitando la producción en épocas favorables a la NDF. Medidas culturales adicionales se basan en el empleo de la estimulación artificial de la floración para anticipar NDF o la utilización de reguladores de crecimiento que controlen o retarden el fenómeno (Kuoos 2010, Pinto da Cunha 2009). Aplicación foliar de Aviglicina (AVG) reduce y retarda NDF en piña (Kuan *et al.* 2005, Lin *et al.* 2006, Wang *et al.* 2007, Bartholomew y Uruu 2008, Rebolledo *et al.* 2008, Bartholomew y Uruu 2009, López *et al.* 2010, Rabie *et al.* 2011, Rabie *et al.* 2013). Investigaciones han mostrado cierto potencial de una auxina; el ácido 2-3 clorofenoxi-propiónico [3-CPA] o Fruitone para inhibir la floración natural (Bartholomew *et al.* 2003), pero los resultados han mostrado un control no completo debido a la inestabilidad de la molécula y además puede causar daños en las plantas (Rebolledo *et al.* 2000, Bartholomew y Uruu 2008). Rabie *et al.* (2011), encontraron un efecto adverso del 3-CPA en el crecimiento de la planta y de los brotes. La última herramienta que puede ser usada es la ingeniería genética mediante la supresión del gen que codifica para la ACC sintasa y así evitar la biosíntesis de etileno en la planta (Bartholomew *et al.* 2003, Trusov y Botella 2006).

## **2.17. Beneficios del control de la NDF**

Bartholomew (2013), menciona que, a través de la ejecución de múltiples ensayos en campo para el control de la NDF, se han demostrado los siguientes beneficios:

- Hace posible sincronizar la producción con su programación y con la demanda en el mercado, aprovechando precios más rentables.
- Las labores de cosecha son reducidas en forma considerable, al disminuir el tránsito de personal en el campo, se reduce la compactación del suelo y daños mecánicos en las plantas.
- Permite realizar un segundo ciclo de cultivo y con ello la reducción de los problemas de control de malezas.
- Facilita una producción de retoños en forma homogénea al inicio del forzamiento, lo que permite una reducción en la variabilidad del tamaño de los frutos e incremento en la producción de retoños para semilla.

## **2.18. Aviglicina un agente inhibidor de la biosíntesis del etileno**

El AVG es un compuesto análogo *etoxi* de rizobitoxina (Balaguera *et al.* 2014) antagonista del etileno al inhibir su biosíntesis (Taiz y Zeiger 2002, Jordán y Casaretto 2006, Balaguera *et al.* 2014) por medio del bloqueo de la enzima ACC sintasa uniéndose al sustrato fosfato de piridoxal (Johnson y Colgan 2003 citado por Balaguera *et al.* 2014). Al bloquear la ACC sintasa no se produce el ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) el precursor más inmediato del etileno en su ruta metabólica (Taiz y Zeiger 2002, Jordán y Casaretto 2006, Azcon y Tálon 2008). Además, el AVG no afecta la sensibilidad de la planta al etileno exógeno (López *et al.* 2010).

En el año 1983, un estudio demostró que el AVG impidió NDF en bromelias ornamentales, la comercialización del producto se inició en 1997, a partir de dicha fecha se han establecido múltiples ensayos en campo con el objetivo de explorar su potencial para controlar NDF en piña (Bartholomew 2014). Los estudios han demostrado que AVG reduce y retarda la floración natural en piña (Kuan *et al.* 2005, Lin *et al.* 2006, Wang *et al.* 2007, Bartholomew y Uruu 2008, Rebolledo *et al.* 2008, Bartholomew y Uruu 2009, López *et al.* 2010, Rabie *et al.* 2011, Rabie *et al.* 2013). Las aplicaciones deben comenzar antes que ocurra cualquier NDF en la plantación para evitar deformaciones en las frutas (Bartholomew 2013). En el Cuadro 1, se hace una síntesis de los principales estudios y resultados del potencial de la AVG para la inhibición NDF y se detalla la fuente correspondiente.

**Cuadro 1.** Estudios realizados en diferentes latitudes que demuestran el potencial de Aviglicina en el control de la floración naturalmente diferenciada en piña.

Dosis (mg/l)	Volumen de aplicación (l/ha)	Intervalo de aplicación (días)	Control de NDF	Efectos secundarios	Autor(es)
100	1.500	15	Incidencia < 2 %	N/D	Rabie <i>et al.</i> 2013
100	1.500	15	Reducción del 33 % al 1,5 %	N/D	Rabie <i>et al.</i> 2011
100	1.500	7	Incidencia NDF < 0,5%	N/D	Rabie <i>et al.</i> 2011
100	1.500	14	Reducción NDF al 2%.	N/D	Rabie <i>et al.</i> 2011
100	N/D	15	No significa efecto en control	N/D	Kuan <i>et al.</i> 2005
250- 375	N/D	15	Redujo del 96% al 64%	N/D	Kuan <i>et al.</i> 2005
500	N/D	15	Redujo del 96% al 50%	N/D	Kuan <i>et al.</i> 2005
100	1.200-2.400	7	Incidencia < 4,3 % Volumen de aplicación no significativo	1,3% frutos deformes	Bartholomew y Uruu 2009
100	1.200-2.400	15	Incidencia < 14% Volumen de aplicación no significativo	8,4 % frutos deformes	Bartholomew y Uruu 2009

\*N/D: Información no disponible.

**Fuente:** Elaboración propia con información de diferentes fuentes citadas. 2016.

El conjunto de investigaciones realizadas en un periodo de diez años ha demostrado que el AVG puede controlar y reducir la NDF con una relación costo/beneficio aceptable para la producción (Bartholomew 2014). No obstante, algunos estudios muestran que las tasas de aplicación son costosas y se deben de evaluar tasas de aplicación más rentables (Rabie *et al.* 2011, Rabie *et al.* 2013). El costo de controlar NDF con AVG es alto, llegando a representar hasta USD 2.400/ha durante cada temporada en regiones donde NDF es un problema significativo (Bartholomew 2013). Los mejores resultados se han obtenido mediante aplicaciones semanales de 100 mg/l de AVG en 2.400 l/ha de agua y se está considerando la posibilidad de mejorar el control aumentando la concentración de AVG (Bartholomew 2013).

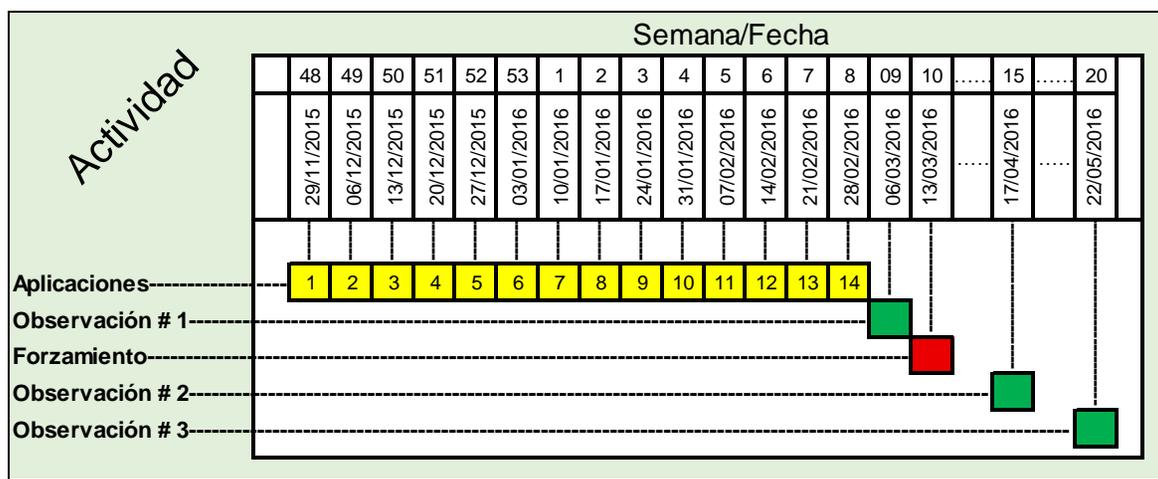
### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Descripción del lugar de estudio

El trabajo se realizó en una plantación comercial de piña híbrido MD-2 perteneciente a Agrícola Agromonte S.A., finca localizada en Boca de Arenal, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Geográficamente se ubica a 10°31' latitud N y 84°27' longitud O. La altura media es de 65 msnm, precipitación anual promedio de 2.400 mm, temperatura mínima y máxima promedio anual de 19 °C y 31 °C respectivamente, y media anual de 24 °C. La humedad relativa promedio es de 80% (Araya 2015). Los suelos corresponden al orden Ultisoles, de clase textural franco-arcillosa, de color rojizo, tienden a la condición ácida y de fertilidad baja (Sandoval y Mata 2014).

#### 3.2. Periodo de estudio

La ejecución del trabajo de investigación se realizó desde noviembre del 2015 hasta mayo del 2016. El periodo de aplicación de los tratamientos comprendió catorce semanas; desde semana 48 del año 2015 hasta semana 08 del año 2016. Las observaciones para evaluar la incidencia de NDF se realizaron en semana 09, 15 y 20 del año 2016. El forzamiento se realizó en la semana 10 del 2016. En la Figura 2, se detalla el cronograma durante la ejecución del presente estudio.



**Figura 2.** Cronograma de actividades ejecutadas durante la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

### **3.3. Material experimental**

#### **3.3.1. Cultivo**

El experimento se estableció en una plantación de piña híbrido MD-2, en dos puntos diferentes dentro de la finca. Para efectos del presente trabajo los mismos se denominaron Lote A y Lote B, aclarándose que en la finca se usa un sistema de identificación para las áreas de producción diferente al usado en el presente trabajo de investigación. Los lotes se caracterizaron por condiciones propicias para presentar alta incidencia del fenómeno de NDF (Figura 3). Las condiciones y características del cultivo se describen en el Cuadro 2. Además, para la selección se tomó como referencia el historial de los lotes en ciclos anteriores y su susceptibilidad a presentar alta incidencia de NDF según Morales (2015).

La plantación en ambos lotes fue cultivada con mismo tipo de material de siembra; semilla vegetativa corona, con igualdad en tamaño y peso a la siembra de 200-300 gramos (Cuadro 2). Al inicio de las aplicaciones, la edad de la plantación para el Lote A y Lote B, fueron de 213 y 225 días después de siembra, ambos lotes recibieron el mismo manejo agronómico pre y post aplicaciones de los tratamientos de acuerdo al paquete tecnológico de la finca.

Para la selección de la plantación se tomó como referencia el peso ponderado de planta, para ello dentro de cada lote se seleccionó quince plantas clasificándolas dentro de las categorías: muy grande, grande, mediana, pequeña y muy pequeña. Las mismas fueron extraídas, se les quito la raíz, se pesaron y agruparon de acuerdo a su tamaño y peso. Luego en las camas #3, #8 y #12 se identificó y determinó de forma subjetiva y visual la condición de 90 plantas (30 por cama), clasificándolas dentro de las categorías mencionadas. Se ponderó el peso con base en el peso medio por categoría y la cantidad de plantas observadas dentro de cada uno de los lotes. Además, se determinó el peso medio de planta al forzamiento bajo la misma metodología.

**Cuadro 2.** Descripción del cultivo y sus condiciones de acuerdo a su ubicación durante la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

Característica y variable a registrar	Experimento	
	Lote A	Lote B
N° Sección	46B	47B
Área de sección (ha)	0,49	0,56
N° Lote en sistema de finca	1521	1521
Coordenadas	10°31'23" N - 84°28'02" O	10°31'23" N - 84°27'57" O
Altitud (msnm)	67 msnm	63 msnm
Pendiente del lote (%)	1-2%	1-2%
Tipo de suelo	Franco-Arcilloso	Franco-Arcilloso
Densidad de plantación (pl·ha <sup>-1</sup> )	72.000	72.000
Espaciamiento entre plantas (EP <sup>a</sup> x EH <sup>b</sup> /ECC <sup>d</sup> )	25,2 x 45,7/105	25,2 x 45,7/105
Fecha de siembra	30/04/2015	02/05/2015
Tipo de material de siembra	Corona	Corona
Tamaño de material de siembra	Mediano	Mediano
Peso medio material de siembra (g)	200-300	200-300
Fecha de inicio aplicación	29/11/2015	13/12/2015
Edad de plantación inicio aplicación (días)	213	225
Peso medio de planta inicio de aplicación (kg)	1,7	1,87
Peso medio de planta al forzamiento (kg)	2,67	2,70

<sup>a</sup>EP: espacio entre plantas (cm)

<sup>b</sup>EH: espacio entre hileras (cm)

<sup>d</sup>ECC: espacio entre centros de cama (cm)



**Figura 3.** Área experimental en uno de los lotes durante la demarcación de unidades experimentales para la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

### 3.3.2. Producto comercial

En el estudio se evaluó el producto comercial PinCor® 20 SL, el cual es un fitoregulador que contiene aminoetoxivinilglicina (AVG) como ingrediente activo (i.a), su formulación es líquida con una concentración de 20% de i.a. El producto es fabricado y formulado por *Valent Biosciences Corporation S.A*, aprobado mediante número de registro 5.320 del Servicio Fitosanitario del Estado al 10 marzo del 2014, para piña.

### 3.4. Descripción de los tratamientos

Se evaluaron seis tratamientos en dos lotes dentro de la misma finca (Cuadro 2), cada lote con el respectivo tratamiento no tratado (Testigo absoluto). Los tratamientos fueron la combinación de tres dosis de PinCor® (0,25 l/ha., 0,50 l/ha y 1,0 l/ha de producto comercial) aplicados a bajo y alto volumen de solución por hectárea (descarga de 25 l/ha y 2.000 l/ha) (Cuadro 3). Para la descarga a 2.000 l/ha se usó agua mezclado con PinCor® y para la descarga a 25 l/ha se utilizó una emulsión del tipo aceite en agua (O/W) junto con el producto (ver sección 3.6). Cada tratamiento se aplicó a un mismo intervalo de tiempo e igual número de aplicaciones en cada lote. El Lote A recibió catorce aplicaciones iniciando en semana 48 y el Lote B recibió doce aplicaciones con inicio en semana 50, en ambos lotes es el programa finalizó durante la semana ocho del 2016, el respectivo programa de aplicaciones se detalla en el Cuadro 4.

**Cuadro 3.** Identificación de tratamiento, combinación de dosis y volumen, número y frecuencia de aplicaciones, usados para la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

Tratamiento	Identificación	Producto	Dosis		Volumen	Aplicaciones	
			Litros PinCor® ha <sup>-1</sup>	[ ] i.a (ppm)		Litros de caldo ha <sup>-1</sup>	Cantidad
# de Trat.	Cinta de color	Nombre Comercial					
T1 (Testigo Abs)	Negro	Control	0,00	0	0	0	0
T2 (D1+BV)	Transparente	PinCor®	0,25	2.000	25	12 a 14	7
T3 (D1+AV)	Gris	PinCor®	0,25	25	2.000	12 a 14	7
T4 (D2+BV)	Naranja	PinCor®	0,50	4.000	25	12 a 14	7
T5 (D2+AV)	Azul	PinCor®	0,50	50	2.000	12 a 14	7
T6 (D3+BV)	Café	PinCor®	1,00	8.000	25	12 a 14	7
T7 (D3+AV)	Amarillo	PinCor®	1,00	100	2.000	12 a 14	7

**Cuadro 4.** Programa de aplicación de tratamientos durante la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

N° de Aplicación	Calendarización				Lote		Tratamiento aplicado						
	Semana	Año	Fecha	Día	A	B	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
01	48	2015	29/11/15	Domingo	✓		-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
02	49	2015	06/12/15	Domingo	✓		-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
03	50	2015	13/12/15	Domingo	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
04	51	2015	20/12/15	Domingo	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
05	52	2015	27/12/15	Domingo	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
06	53	2015	03/01/16	Domingo	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
07	01	2016	10/01/16	Domingo	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
08	02	2016	17/01/16	Domingo	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
09	03	2016	24/01/16	Domingo	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10	04	2016	31/01/16	Domingo	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
11	05	2016	07/02/16	Domingo	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
12	06	2016	14/02/16	Domingo	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
13	07	2016	21/02/16	Domingo	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
14	08	2016	28/02/16	Domingo	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓

### 3.4.1. Factores en estudio

- ☞ Factor **V**: Método de aplicación en volumen dado en litros por hectárea (l/ha).
- ☞ Factor **D**: Dosis aplicación del producto comercial por hectárea (litros P.C/ha).
- ☞ Factor **L**: Dos lotes dentro de la finca con susceptibilidad a NDF.

### 3.4.2. Niveles dentro de cada factor (volumen, dosis y lote)

- ☞ Dos niveles de volumen de aplicación (Bajo Volumen [BV] y Alto Volumen [AV]. BV = 25 l/ha., AV= 2.000 l/ha).
- ☞ Tres niveles de dosis de aplicación en litros de P.C/ha: D1= 0,25 l/ha., D2= 0,5 l/ha., D3=1,0 l/ha.
- ☞ Dos niveles de Lote (Lote A y Lote B).
- ☞ Repeticiones de cada nivel dentro de cada factor (bloques): Cuatro
- ☞ Número de tratamientos: (2 x 3) + Control, = 6 tratamientos + Control.
- ☞ Total de unidades experimentales: (2 x 3 x 2] x 4 + 8 = 56 UE

### 3.5. Descripción del Diseño Experimental

#### 3.5.1. Arreglo de los tratamientos

La asignación de los tratamientos a las unidades experimentales se realizó en un diseño experimental de Serie de Experimentos Similares Sobre Varias Localidades en Bloques Completamente al Azar Aumentado (DBCA). Para la asignación de los niveles y factores dentro del correspondiente diseño experimental se realizó un arreglo factorial simple de serie mixta ( $2^2 \cdot 3$ ) +1 Control.

#### 3.5.2. Modelo estadístico para el análisis de factores en estudio

$$Y_{ijklm} = \mu + L_i + B_{j(i)} + V_k + D_l + (L*V)_{i,k} + (L*D)_{i,l} + (V*D)_{k,l} + (L*V*D)_{i,k,l} + e_{ijklm}$$

donde:

$Y_{ijklm}$  = el valor de la variable de respuesta obtenido al aplicar el  $k$ -ésimo volumen de aplicación ( $k = 1, 2$  [BV, AV]) en combinación con la  $l$ -ésima dosis ( $l=1, 2, 3$  [D1, D2, D3]) a la  $m$ -ésima unidad experimental ( $l=1,2,\dots,48$ ) en el  $j$ -ésimo bloque ( $k=1,2,3,4$ ) dentro del  $i$ -ésimo lote ( $i=1,2$ ).

$\mu$  = es la media global de la variable de respuesta en cualquier unidad de muestreo sin importar diferencias entre dosis, volumen de aplicación y lote.

$L_i$  = es el efecto debido a la  $i$ -ésima lote ( $i=1, 2$  [L1, L2])

$B_{j(i)}$  = es el efecto debido al  $j$ -ésimo bloque ( $j=1, 2, 3, 4$  [B1, B2, B3, B4])

$V_k$  = es el efecto debido al  $k$ -ésimo volumen de aplicación ( $k=1, 2$  [BV, AV])

$D_l$  = es el efecto debido a la  $l$ -ésima dosis de aplicación ( $l=1, 2, 3$  [D1, D2, D3])

$( * )_{ikt}$  = efecto de las tres interacciones dobles y una interacción triple, entre los factores

$e_{ijklm}$  = la variable aleatoria error asociada a la  $m$ -ésima unidad experimental ( $1,2,\dots,54$ ) del  $k$ -ésimo volumen de aplicación ( $k=1, 2$ ) combinado con la  $l$ -ésima dosis ( $l=1,2,3$ ) para el  $j$ -ésimo bloque ( $k=1,2,3,4$ ) dentro de la  $i$ -ésimo lote ( $i=1,2$ ). Independientes con medias cero y varianza común  $\sigma^2$ ,  $(\epsilon_{ijklm} : Y_{ijklm} - \mu_{ijkl})$ ;  $[N(0,\sigma^2)]$  y varianzas homogéneas.

#### 3.5.3. Número de repeticiones y grados de libertad del error

Al usar cuatro repeticiones por cada tratamiento y para el Testigo absoluto dentro de cada lote generó 30 grados de libertad para el error (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Fuentes de variación y grados de libertad en estudio sobre la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

Fuente de variación	Grados de libertad
<b>Total</b>	<b>(L · V · D · B - 1): 2 · 2 · 3 · 4 - 1 = 47</b>
Lotes ( $L_i$ )	L-1: (2-1) = 1
Bloques dentro de lotes ( $B_j(i)$ )	L (B-1): 2 (4-1) = 6
Volumen de aplicación ( $V_k$ )	(V-1): 2-1 = 1
Dosis de aplicación ( $D_l$ )	(D-1): 3-1 = 2
Interacción (L*V) $i,k$	(L-1) (V-1): (1*1) = 1
Interacción (L*D) $i,l$	(L-1) (D-1): (1*2) = 2
Interacción (V*D) $k,l$	(V-1) (D-1): (1*2) = 2
Interacción (L*V*D) $i,k,l$	(L-1) (V-1) (D-1): (1*1*2) = 2
Error experimental	L (B-1) (V·D-1): 2 (4-1) (2·3-1) = 30

### 3.5.4. Croquis y especificación del diseño experimental

En la Figura 4, se muestra la distribución de tratamientos en un DBCA para cada parcela dentro de cada lote. Cada bloque estuvo conformado por tres camas cultivadas bajo el método de siembra a doble hilera en sistema tresbolillo, los bloques fueron enumerados siguiendo la secuencia del borde de cada sección comercial a orilla de caminos secundarios hacia el interior de cada sección.

Lote	Bloque y cama	Número de parcela						
		1	2	3	4	5	6	7
Lote A	Bloque 1 (Cama 1,2,3)	T6	T7	T5	T4	T3	T1	T2
	Bloque 2 (Cama 4,5,6)	T5	T1	T3	T6	T2	T7	T4
	Bloque 3 (Cama 7,8,9)	T2	T4	T6	T5	T1	T3	T7
	Bloque 4 (Cama 10,11,12)	T6	T7	T5	T2	T3	T4	T1
Lote B	Bloque 1 (Cama 1,2,3)	T6	T7	T5	T3	T4	T1	T2
	Bloque 2 (Cama 4,5,6)	T2	T4	T6	T1	T3	T7	T5
	Bloque 3 (Cama 7,8,9)	T5	T1	T3	T2	T7	T4	T6
	Bloque 4 (Cama 10,11,12)	T6	T7	T5	T3	T1	T2	T4

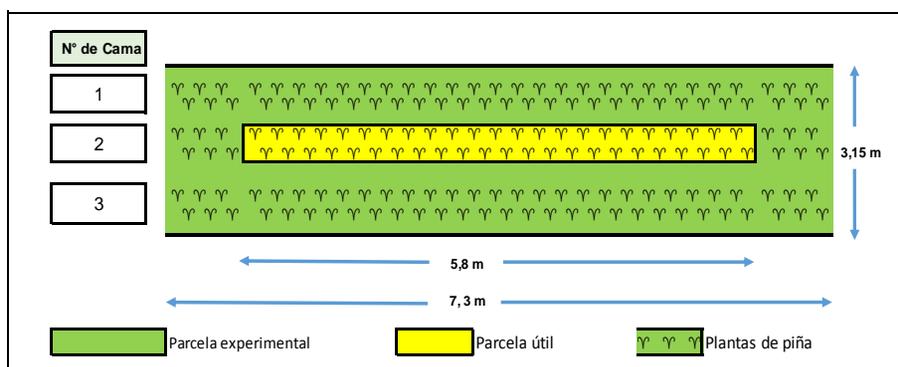
**Figura 4.** Asignación de cada tratamiento en un DBCA dentro de cada lote en la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

### 3.5.5. Unidad y área experimental

Cada parcela experimental se conformó por tres camas de doble hilera con 28 plantas por hilera, para un total de 168 plantas por parcela para cada repetición de tratamiento dentro de un área de 23 m<sup>2</sup> producto de 7,3 m de largo por 3,15 m de ancho (Figura 5). En total se ubicaron 56 parcelas experimentales dentro de un área efectiva de 1.288 m<sup>2</sup>. Cada bloque estuvo conformado por 1.176 plantas, a cada tratamiento se le asignaron 1.344 plantas y un total de 9.408 plantas en el experimento.

### 3.5.6. Parcela útil

Para la conformación de la parcela útil se consideró el efecto borde de una cama de siembra en cada costado y el área ocupada por seis plantas en cada extremo (Figura 5), por lo tanto se estableció como parcela útil el área ocupada por 22 plantas en doble hilera en la cama central, resultando en 44 plantas por parcela útil (5,8 m de longitud y 1,05 m de ancho [6,1 m<sup>2</sup>]).



**Figura 5.** Diseño de parcela experimental y parcela útil en estudio sobre la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

### 3.5.7. Procedimiento en el análisis estadístico de las variables de respuesta

Para los supuestos de normalidad y homocedasticidad, se realizó las pruebas de Shapiro Wilks y de Levene respectivamente, obteniéndose en forma analítica el no cumplimiento de los supuestos de independencia de los errores con medias cero y varianzas homogéneas; para los datos de la evaluación preliminar de la NDF realizada

2 daif y para los datos en la identificación de las frutas NDF observados al transcurrir 40 ddif. Por lo que se procedió a realizar la transformación de las variables de respuesta.

Para los datos de la evaluación preliminar de la NDF no fue posible realizar una transformación de la variable de respuesta donde se cumpliera con los supuestos de normalidad y homocedasticidad; por lo que se procedió a realizar el análisis mediante la Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis a un nivel de significancia del  $\alpha=0,05$ .

Los datos de la observación realizada transcurridos 40 ddif, correspondientes a la identificación de las frutas NDF, se transformaron a raíz cuadrada y con ello se logró el cumplimiento de los supuestos estadísticos (Anexo 6). Al mismo conjunto de datos resultante de la transformación, se les aplicó Análisis de Varianza (ANDEVA) para determinar efecto de tratamientos y la prueba de Medias para establecer diferencias estadísticas entre los tratamientos a un nivel de significancia de  $\alpha=0,05$  (probabilidad de cometer error Tipo I). La comparación de medias de los tratamientos se realizó mediante la prueba de Mínima Diferencia Significativa de Fisher (LSD o DMS) a un nivel de significancia de  $\alpha=0,05$  (probabilidad de cometer un error Tipo I). Todas las pruebas se realizaron mediante el paquete estadístico InfoStat versión 2015.

Queda establecido en la memoria escrita de este informe de investigación que para el Análisis de Varianza (ANDEVA) de variables transformadas a raíz cuadrada se cumplió con el supuesto de normalidad de residuos basados en la prueba de Shapiro Wilks ( $p= 0,394$ ), con el supuesto de homocedasticidad con base en la prueba de Levene ( $p= 0,059$ ) y el supuesto de independencia se garantiza con la aleatorización de tratamientos y repetitividad de los mismos dentro del DBCA en arreglo factorial simple de serie mixta  $(2^2 \cdot 3)+1$ .

### **3.6. Equipo de aplicación**

Para la ejecución de las aspersiones a alto y a bajo volumen se utilizó equipo debidamente calibrado en forma previa al inicio de las aplicaciones, equipo que permitió obtener las descargas a 25 l/ha y a 2.000 l/ha para la metodología a bajo y a alto

volumen respetivamente. En el Cuadro 6, se describen el equipo y materiales usados durante las aplicaciones y en la Figura 6, se muestra una fotografía de la persona que realizó las aplicaciones con su equipo de protección personal y el respectivo equipo para aplicar de acuerdo a la descarga objetivo.

**Cuadro 6.** Equipo y materiales usados durante la ejecución de aplicaciones en la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

Volumen de aplicación	Equipo y Materiales	Código
Bajo Volumen (25 l/ha)	Boquillas cono hueco VisiFlo de 0,05 a 0,14 l/min, 15 a 20 l/ha a 6-8 km Placa orificio regulador de caudal de 0,053 a 0,15 l/min Filtro de malla #100 Brazo aspersionador doble boquillas (50 cm entre boquillas) unido a equipo con Cilindro Cilindro de Aluminio con CO <sub>2</sub> capacidad 1,15 kg (2,5 lbs). Manómetro regulador de presión gemelo Manguera de aire 100 cm Contenedor plástico 600 ml con cabezal metálico de Spray Carguero metálico para transporte de cilindro Equipo de protección personal	TXVS-1 (TeeJet®) CP4916-16 (TeeJet®) 100 BR (TeeJet®) N/A GS 104 J062Ks 407A 201S CB-104 N/A
Alto Volumen (2.000 l/ha)	Boquillas chorro plano 1.026 a 2.052 L/ha entre los 4 a 8 km/h a 4 bar. Filtro de malla Brazo aspersionador doble boquillas (50 cm entre boquillas) unido a pulverizadora Pulverizadora manual de mochila marca Carpi® 18 litros Equipo de protección personal	TP 8004V-SS (TeeJet®) 5053 (TeeJet®) N/A N/A N/A

N/A: no aplica



**Figura 6.** Equipo de aplicación a bajo volumen (A) y equipo a alto volumen (B), se muestra el equipo de protección personal usado durante la aplicación de tratamientos de la investigación de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

### 3.7. Preparación de la solución aplicada en cada tratamiento

Se preparó dos tipos de solución; una acuosa y una emulsión tipo aceite en agua (O/W) para las aplicaciones a alto y a bajo volumen respectivamente, usadas en cada una de las aplicaciones semanales. En la emulsión tipo aceite en agua se usó aceite agrícola (SprayTex) al 25% del volumen total de la solución y Cosmo-In al 1,5% del volumen total del aceite como agente emulsificante. En el Cuadro 7, se presentan las cantidades de cada uno de los productos usados en la preparación de la solución para cada tratamiento. Para las aplicaciones a alto volumen se prepararon 37,3 litros por tratamiento en cada aplicación semanal, resultando un promedio de 27,7 ml por planta.

Por otro lado, para las aplicaciones a bajo volumen se preparó 470 ml de emulsión para cada tratamiento, lo que obedeció a 0,35 ml por planta en cada aplicación. *In situ* se preparó y aplicó cada solución con la secuencia de menor a mayor concentración del activo, iniciando con las dosis de bajo volumen (25 l/ha) y posterior a alto volumen (2.000 l/ha). El agua usada fue de pozo perforado debidamente autorizado para las aplicaciones foliares en el cultivo de piña. Además, se determinó la condición de pH de cada una de las soluciones, no fue necesario agregar un regulador de pH, la ficha técnica de PinCor® recomienda un intervalo de pH entre 5 y 7.

**Cuadro 7.** Volumen de aplicación, producto, condición de pH y total de solución por tratamiento en la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

Volumen de aplicación	N° de Trat.	Producto				Total solución	pH de la solución	Solución por trat.
		PinCor® 20 SL	SprayTex M 100 % SL	COSMO-IN® d 27 SL	Agua			
		-----ml/L de solución-----				ml	---	Litros
Bajo Volumen (25 l/ha)	T2	10,0	250	3,75	736,0	1.000	6,0	0,47
	T4	20,0	250	3,75	726,0	1.000	6,0	0,47
	T6	40,0	250	3,75	706,0	1.000	6,0	0,47
Alto Volumen (2.000 l/ha)	T3	0,125	-	-	999,88	1.000	5,7	37,33
	T5	0,250	-	-	999,75	1.000	5,7	37,33
	T7	0,500	-	-	999,50	1.000	5,7	37,33

### 3.8. Procedimiento

La solución de cada tratamiento se preparó y aplicó durante horas de la mañana; de acuerdo al programa de aplicaciones (Cuadro 4), evitando horas de llovizna o lluvia. Durante la ejecución de las aplicaciones se registró datos referentes a la hora de inicio y fin, así como el estado y condición del tiempo (T° y H R°) (Cuadro 8).

**Cuadro 8.** Número de aplicación, periodo, hora de ejecución y estado del tiempo durante ejecución del programa de aplicaciones en evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

N° de Apl.	Período		Hora		Estado del tiempo				
	Sem.	Fecha	Inicio	Fin	Temp. (°C)		Humedad R° (%)		Cond. del tiempo
					Inicio	Fin	Inicio	Fin	
1	48	29/11/15	08:00 a.m.	12:00 p.m.	24,8	21,9	89,6	55,2	Nublado sin lluvia
2	49	06/12/15	07:30 a.m.	12:00 p.m.	23,6	28,5	100	86,0	Nublado y Lluvia ligera
3	50	13/12/15	08:30 a.m.	11:30 a.m.	25,7	28,7	99,5	80,6	Nublado y Lluvia ligera
4	51	20/12/15	09:00 a.m.	12:30 p.m.	26,5	29,4	92,8	80,5	Nublado y Lluvia ligera
5	52	27/12/15	07:00 a.m.	11:00 a.m.	23,7	26,4	100	92,4	Parcialmente nublado
6	53	03/01/16	07:30 a.m.	11:30 a.m.	23,9	30,1	100	73,2	Soleado
7	01	10/01/16	07:30 a.m.	11:00 a.m.	23,8	29,7	100	75,3	Soleado
8	02	17/01/16	07:00 a.m.	10:30 a.m.	24,0	29,3	98,8	73,8	Parcialmente nublado
9	03	24/01/16	08:00 a.m.	11:30 a.m.	20,7	21,5	93,5	85,0	Parcialmente nublado
10	04	31/01/16	07:30 a.m.	11:30 a.m.	24,1	29,6	95,7	72,4	Nublado sin lluvia
11	05	07/02/16	07:00 a.m.	11:00 a.m.	21,8	27,9	100	67,5	Soleado
12	06	14/02/16	07:30 a.m.	11:00 a.m.	23,8	29,2	94,4	69,0	Soleado
13	07	21/02/16	07:00 a.m.	11:00 a.m.	22,7	29,7	100	71,9	Soleado
14	08	28/02/16	07:30 a.m.	11:30 a.m.	22,6	25,5	98,3	91,3	Nublado y Lluvia ligera

Con el objetivo de garantizar el volumen y uniformidad en cada aplicación establecida para cada parcela, previo al inicio del programa de aplicaciones se capacitó y calibró debidamente a un operador encargado de realizar la totalidad de las aplicaciones, supervisadas en cada una de ellas por el responsable de la investigación. En cada aplicación al operador se le definió y midió el tiempo predeterminado para el recorrido de cada parcela a un paso constante durante la aplicación.

Para la aplicación a bajo volumen con equipo accionado por cilindro de CO<sub>2</sub> y con las respectivas boquillas descritas en Cuadro 6, al equipo se le mantuvo una presión

constante de 2 bares y el operador mantuvo un avance constante de acuerdo a calibración. En el equipo para alto volumen accionado con bomba de mochila (Cuadro 6 y Figura 6B) el operador debió mantener una velocidad predeterminada en el brazo para accionar la palanca que incorpora la presión al equipo, al igual mantuvo un avance constante durante su recorrido de acuerdo a la calibración para este equipo. En ambas aplicaciones según descarga la altura promedio entre las boquillas y parte superior del follaje fue de 10 cm.



**Figura 7.** Operador ejecutando aplicación a bajo volumen (25 l/ha) durante experimento sobre la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

Para garantizar la seguridad del operador se empleó equipo de protección personal recomendado para el cultivo de piña, el equipo básico fue: pantalón overol, mangas, pañuelo, gafas, guantes, sombrero y mascarilla (Figura 7).

### **3.9. Variables de respuesta estudiadas**

Las variables evaluadas fueron las que permitieron determinar el porcentaje de inflorescencias emergidas por **NDF** y por diferenciación artificial de la inflorescencia (**ADF**), así como la distribución de la diferenciación floral por medio de tres observaciones; la primera observación fue una evaluación preliminar de la floración naturalmente diferenciada realizada dos días pre-forzamiento, la segunda observación

fue la evaluación oficial de la NDF transcurridos 40 días post-forzamiento, además la misma permitió estimar la distribución de la edad de las frutas NDF (fecha de eventos). La tercera transcurridos 70 días post-forzamiento para determinar el porcentaje de frutas artificialmente diferenciadas y plantas no diferenciadas. En el Cuadro 9, se detalla cada variable analizada así como el momento donde se realizaron las observaciones.

**Cuadro 9.** Definición de variable, método de medición, número de observación y periodo de observación durante la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

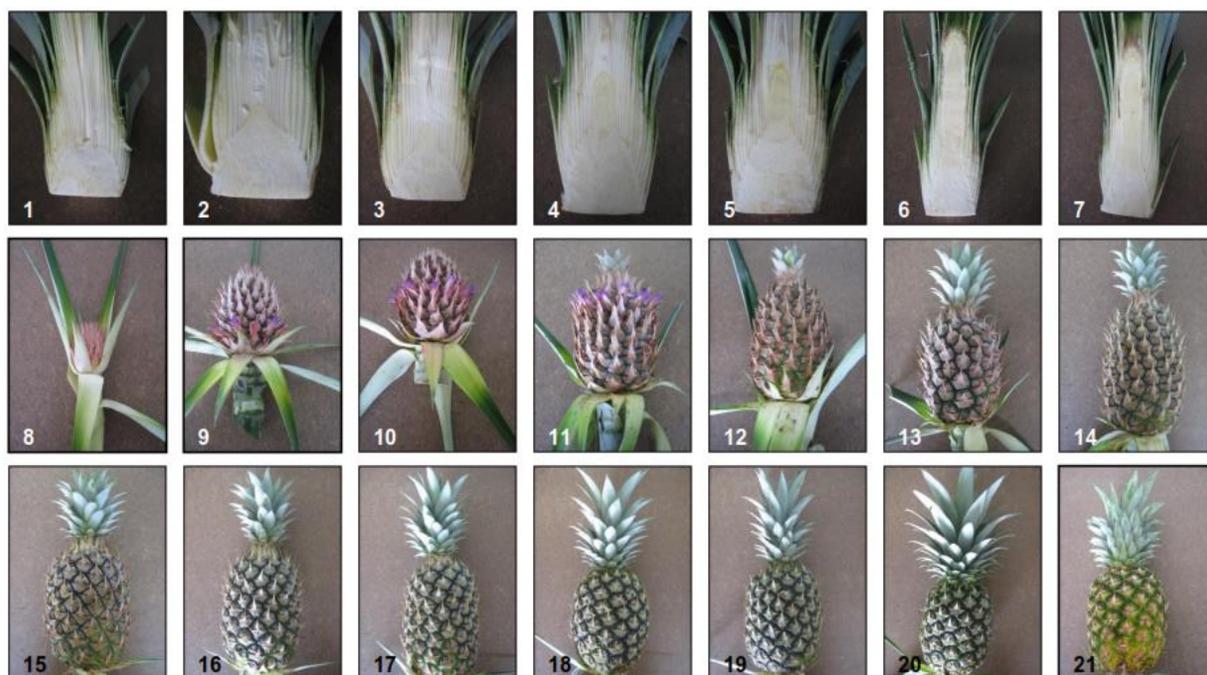
Variable	Método de medición	Número de observaciones	Periodo de observación
Número de plantas con inflorescencias naturalmente diferenciadas	Observación visual y cuantificación del total de plantas con brote floral o fruta en desarrollo	Dos observaciones, una pre-forzamiento y las otras dos post-forzamiento.	1ª. 2 daif 2ª. 40 ddif
Distribución de la emergencia del desarrollo floral	Observación visual y cuantificación de acuerdo al estado fenológico del brote floral	Una observación post-forzamiento	40 ddif
Número de plantas con inflorescencias artificialmente diferenciadas	Observación visual y cuantificación del total de plantas con brote floral o fruta en desarrollo	Una observación post-forzamiento	70 ddif
Número de plantas no diferenciadas	Observación visual y cuantificación del total de plantas sin brote floral o sin fruta en desarrollo	Una observación post-forzamiento	70 ddif

*daif: días antes de inducción floral*

*ddif: días después de inducción floral*

Para la determinación del periodo de diferenciación floral (NDF o ADF) y para estimar la edad de la inflorescencia se observó la condición fenológica del brote floral en cada planta, su estadio fue comparando con las imágenes de la Guía Fotográfica presentada en la Figura 8 (para mayor detalle ver el Anexo 1). La distribución del estado fenológico de las frutas NDF permitió determinar la fecha en semanas donde se

desarrolló el proceso de diferenciación floral (eventos de NDF) y al mismo tiempo se llevó un registro en la finca de temperatura y humedad relativa por medio de sensores encapsulados en abrigo meteorológico con registros cada diez minutos desde inicio de las aplicaciones hasta fin del estudio. El instrumento se colocó en las coordenadas 10°30'08.8" latitud Norte y 84°27'38.8" longitud Oeste, a una altura de 100 cm de la superficie del suelo.



Fuente: Barrantes, S. 2008.

**Figura 8.** Guía fotográfica del avance del desarrollo fenológico de la inflorescencia en piña, usada durante la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

Durante cada periodo de registro de las variables de respuesta (Cuadro 9), las observaciones fueron realizadas en forma visual (Figura 9), cada planta fue observada en forma individual, al presenciar el cono floral se procedió a calificarlo de acuerdo a su desarrollo y el dato fue anotado en un instrumento diseñado para tal fin.



**Figura 9.** Proceso de observación visual del desarrollo de la inflorescencia, clasificación y anotación en registro durante la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.



**Figura 10.** Determinación en campo del estadio del desarrollo del brote floral y comparación con guía fotográfica durante la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

Se realizaron observaciones generales para identificar y describir síntomas de reacción fisiológica de la planta debido al efecto del ingrediente activo, mediante una observación cuantitativa a los diez días pre forzamiento.

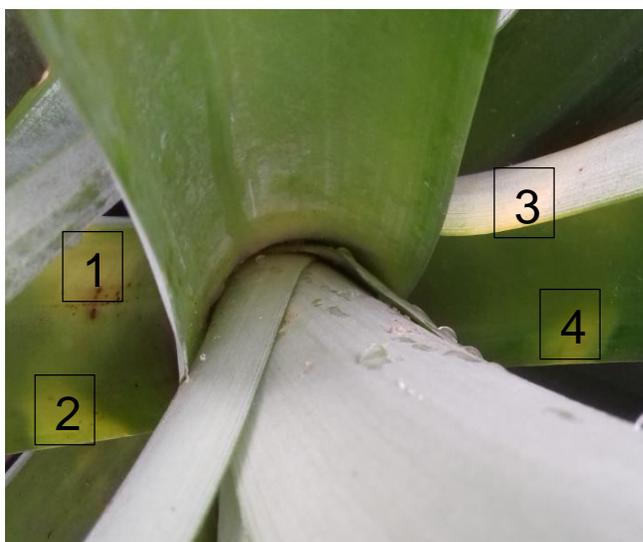
Además, se midió el tamaño de gota de acuerdo al volumen de aplicación por medio de papel sensible al agua, a cada lamina de papel se le realizó una fotografía y se procesó mediante el software ImageJ®, diseñado para procesamiento de imagen digital y de dominio público.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Observaciones generales

#### 4.1.1. Descripción de reacción de la planta asociada al efecto de PinCor® (AVG).

Durante el período de aplicación de los tratamientos se identificó en forma visual síntomas de reacción de la planta ligados al efecto de PinCor®. Visualmente la fisiopatía se manifestó como un amarillamiento en forma de manchas o parches de un patrón no definido localizado en el primer tercio de las hojas “D”, hojas “E” y hojas “F” (hojas más jóvenes según Sideris y Krauss 1936 citado por Garita 2014). Por lo general el amarillamiento inicia en la parte basal central de las hojas extendiéndose hacia su borde, el avance en intensidad de color del síntoma disminuye conforme se asciende en la longitud de la hoja (Figura 11). La reacción o fisiopatía no evoluciona a necrosis de tejido, ni muerte de la planta. En algunos casos se logró observar un angostamiento de las hojas en la parte donde se presentó el parche clorótico. Con el objetivo de comprender de mejor forma el grado de afección por la reacción de la planta, el síntoma fue clasificado en cinco grados de intensidad, que van desde cero para plantas totalmente libres de fisiopatía y cuatro para el mayor grado observado (Cuadro 10).

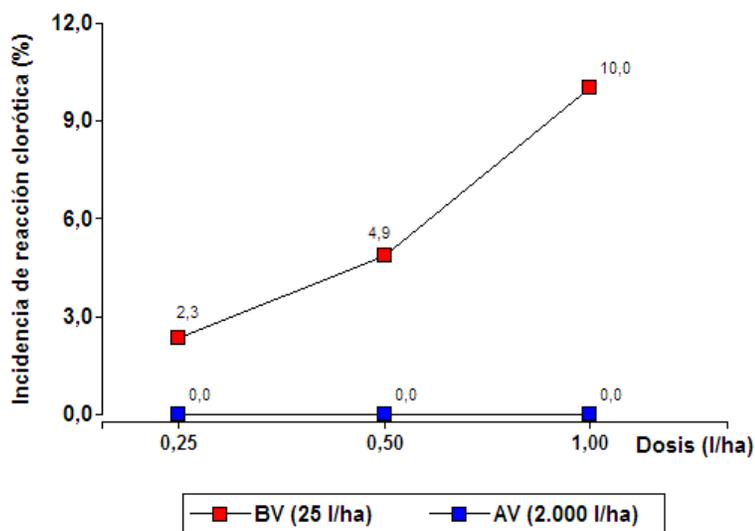


**Figura 11.** Planta con síntomas de reacción en el primer tercio de las hojas, asociada al efecto de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

**Cuadro 10.** Clasificación de los grados de afección debido a la reacción de la planta asociada al efecto Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

Grado de afección	Observación	Detalle de la planta	
0	No presenta clorosis		
1	La clorosis se presenta en el borde del primer tercio de la hoja y se extiende en forma longitudinal unos 5 cm.		
2	Pérdida del color verde, expresándose en forma de un amarillamiento leve, no se observa un parche clorótico marcado, se presentan en las hojas más jóvenes (hojas F) y en su primer tercio.		
3	Se observa una clorosis marcada y muy evidente en forma de manchas en borde y centro de hojas, la intensidad de color es más pronunciado y marcado, evidente en primer tercio de hojas "E" y hojas "F". Abarca un 50% ancho de hoja.		
4	Manchas cloróticas muy intensas y localizadas en la parte basal del primer tercio incluyendo hojas "D", logra abarcar 100 % de ancho de hoja en su base.		

Se determinó el grado de incidencia de la reacción clorótica con una observación visual diez días antes del forzamiento, registrándose 2,3%, 4,9% y 10,0% de plantas con incidencia de clorosis asociada al efecto de PinCor® en concentraciones de 2.000 ppm, 4.000 ppm y 8.000 ppm de i.a respectivamente, correspondientes en forma respectiva a dosis de 0,25 l/ha., 0,50 l/ha y 1,0 l/ha aplicado a bajo volumen (25 l/ha). La planta de piña tiende a manifestar cierto grado de reacción clorótica en respuesta a aplicaciones semanales y consecutivas de PinCor® en concentraciones mayores a 2.000 ppm de i.a., en ninguna de las observaciones donde se manifestó la reacción se identificó necrosis o daño irreversible del tejido, observándose en semanas posteriores a la conclusión del ciclo de aplicaciones, que los síntomas tendieron a desaparecer al punto de ser poco evidenciables, por lo que se puede clasificar como clorosis temporal. Por otro lado, las plantas tratadas con concentraciones de 25 ppm, 50 ppm y 100 ppm de i.a correspondiente a la aplicación a alto volumen (2.000 l/ha), no presentaron síntomas evidentes de reacción clorótica.



**Figura 12.** Incidencia de clorosis en función de la dosis de Aviglicina (PinCor®) a alto y a bajo volumen, registrado diez días antes de forzamiento durante estudio de la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

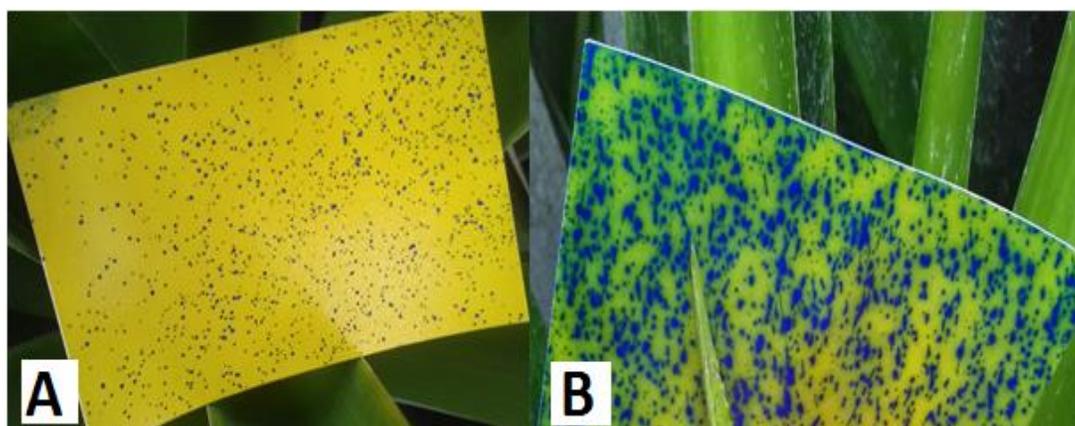
La intensidad de los síntomas de la reacción y número de hojas afectadas en relación con el nivel de AVG aplicado no se determinó, debido a no ser parte de los objetivos de este estudio.

#### 4.1.2. Descripción de la aspersión de acuerdo al volumen de aplicación

Por medio de papel sensible al agua colocado en la parte superior del cono central de la planta, se logró determinar algunas características referentes a las gotas en las aplicaciones a alto volumen y bajo volumen (Figura 13). Se cuantificó un promedio de 11,7 y 95,5 gotas por  $\text{cm}^2$  para las aplicaciones a 2.000 l/ha y 25 l/ha respectivamente, el tamaño promedio registrado fue de 0,683 mm y 0,125 mm por gota para alto y bajo volumen respectivamente. El área de la plantación cubierta con 2.000 l/ha de solución representó un 8,3 % y el área tratada con solución de 25 l/ha fue de 11,3% (Cuadro 11).

**Cuadro 11.** Caracterización de las aspersiones con alto y bajo volumen durante investigación sobre la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

Aspersión	Gotas/ $\text{cm}^2$	Tamaño medio $\text{mm}^2$	Percentil P (95) de tamaño $\text{mm}^2$	% de área cubierta	Diámetro medio $\mu\text{m}$
Alto Volumen (2.000 l/ha)	11,77	0,683	< 2,29	8,30	930
Bajo Volumen (25 l/ha)	95,51	0,125	< 0,39	11,37	350



**Figura 13.** Imagen de papel sensible en la planta de piña post aplicación a bajo volumen (A) y a alto volumen (B) durante investigación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

### 4.1.3. Descripción de mortalidad de plantas en área experimental

Al inicio del programa de aplicaciones se dispuso de 44 plantas por parcela útil, para un total de 2.464 plantas evaluables en las 56 unidades experimentales. Durante la observación realizada 2 daif se evaluaron 2.440 plantas, cuantificándose una pérdida de 24 plantas producto de mortalidad (Figura 14), que representa el 0,97% de plantas del total inicial. A cada parcela útil se le descontó las plantas ausentes para determinar la incidencia de NDF en forma proporcional a la cantidad de plantas existentes. Posterior al forzamiento y hasta la última observación (70 ddif) no se presentó mortalidad adicional en ninguna parcela útil. Por lo tanto, la incidencia de mortalidad se consideró como una variable que no influyó en la determinación de los porcentajes de NDF identificados a los 40 ddif y 70 ddif, y se decidió no relacionarlo con los factores en estudio, mencionándola en el estudio como una observación adicional.



**Figura 14.** Plantas que presentaron mortalidad pre-forzamiento en experimento sobre la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

## 4.2. Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la floración naturalmente diferenciada.

### 4.2.1. Evaluación preliminar de la floración naturalmente diferenciada (NDF)

Durante la primera observación correspondiente a la semana nueve del 2016 (06/06/2016), realizada dos días antes de inducción floral (2 daif) o forzamiento, se consideró como planta con condición NDF toda aquella que presentó el desarrollo del

cono floral visible y comparable con el estadio de desarrollo fenológico del brote floral correspondiente a seis semanas de desarrollo en adelante (42 días después de inducción floral [ddif]) de acuerdo a la Guía fotográfica del avance del desarrollo fenológico de la inflorescencia en piña de Barrantes (2008). Toda fruta, inflorescencia y cono floral visible en esta observación fue calificado de acuerdo a su estadio de desarrollo fenológico, con la finalidad de determinar la fecha aproximada donde la planta fue estimulada para dar inicio al proceso de diferenciación natural de la inflorescencia. En la Figura 15, se muestra una fotografía que detalla el avance del desarrollo de la inflorescencia con cono floral visible correspondiente a seis semanas post diferenciación, observado en una planta con condición NDF. Cabe aclarar que al momento de la observación realizada 2 daif es posible que existiera un porcentaje de plantas en condición NDF con estadio de desarrollo de la inflorescencia desde una semana hasta cinco semanas, pero por requerir una metodología destructiva para conocer el avance del desarrollo del meristema, en las plantas en las que no se le observó desarrollo del cono floral fueron clasificadas como plantas no inducidas naturalmente y correctamente verificado su estado de inducción en la observación realizada transcurridos 40 ddif.

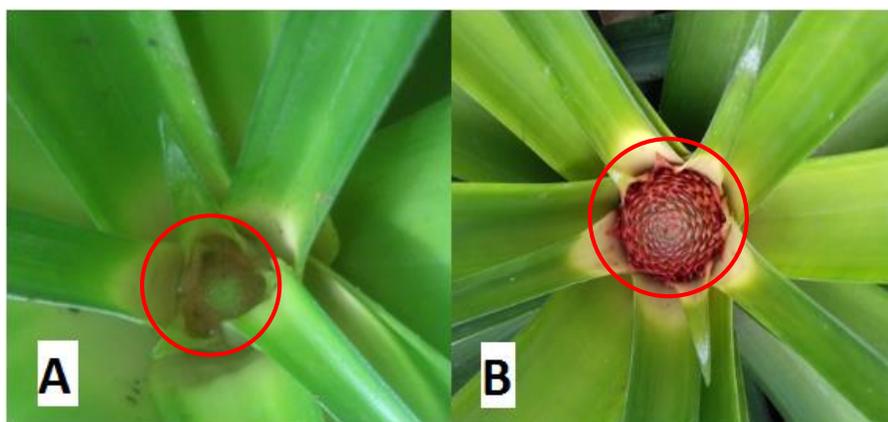


**Figura 15.** Planta de piña en condición NDF con seis semanas de desarrollo floral: parte A; obsérvese la emergencia del cono y parte B; corte longitudinal donde se observa el avance del desarrollo floral correspondiente a semana seis, durante investigación sobre la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

Durante la semana dos y tres del año 2016 (dentro del intervalo de tiempo de evaluación) el 2,5% de las plantas del total del área experimental habían sufrido la

diferenciación natural de la inflorescencia. En forma visual las plantas con condición NDF presentaron el estado de “cono bajo” y “cono medio”, atribuidos a seis semanas y siete semanas de desarrollo floral respectivamente, correspondientes a 42-49 días después de la diferenciación floral (Figura 16).

En la parte “A” de la Figura 16, obsérvese el cono bajo en emergencia, grupo de brácteas de color verde en la parte central del brote floral y grupo de hojas “F” que conforman la roseta foliar se encuentran poco abiertas e inclinadas con respecto al eje vertical imaginario del tallo, correspondiente a seis semanas de desarrollo. En la parte B” se observa el grupo de brácteas en la parte central del cono con una coloración totalmente rosada y el grupo de hojas “F” muestran cierto grado de inclinación con respecto al eje del tallo debido a la presión que ejerce el brote floral en emergencia, aun no hay evidencia de frutículos definidos ni emergencia de flores, este avance del brote floral es correspondiente a siete semanas de desarrollo.



**Figura 16.** Plantas en condición NDF observadas 2 daif (A: obsérvese la emergencia del “cono bajo” y B: “cono medio”), en la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

El avance del desarrollo fenológico de la inflorescencia de las plantas bajo la condición NDF observadas 2 daif, se distribuyó entre los 42-49 días de desarrollo, correspondientes a seis semanas y siete semanas de desarrollo, con valores absolutos de 39 brotes correspondientes a seis semanas y 22 brotes en siete semanas, que representan una frecuencia del 64% y 22% respectivamente, para cada edad de avance del desarrollo floral del total de brotes observados bajo condición NDF (Cuadro 12).

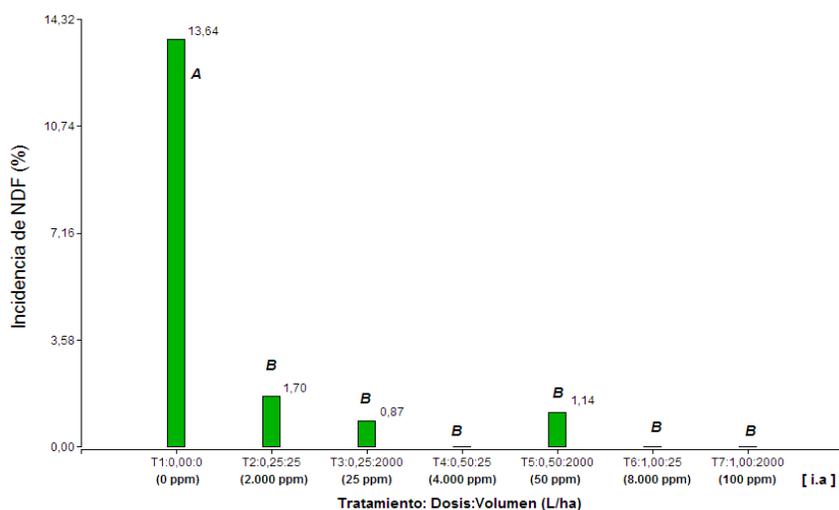
**Cuadro 12.** Cantidad de brotes florales observados 2 daif (frecuencia absoluta y relativa) en los tratamientos para ambos lotes en la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

Lote	Trat.	Plantas observadas	No diferenciadas	Edad del brote floral (semanas post diferenciación floral)								Total de NDF	Valor % NDF		
				6	7	8	9	10	11	12	≥ 13				
				Semana de diferenciación floral											
				3 <sub>(2016)</sub>	2 <sub>(2016)</sub>	1 <sub>(2016)</sub>	53 <sub>(2015)</sub>	52 <sub>(2015)</sub>	51 <sub>(2015)</sub>	50 <sub>(2015)</sub>	≤ 49 <sub>(2015)</sub>				
-----Cantidad de brotes floral observados-----															
A	T1	176	164		11		1	0	0	0	0	0	0	12	6,82
A	T2	168	168		0		0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
A	T3	172	171		1		0	0	0	0	0	0	1	0,60	
A	T4	173	173		0		0	0	0	0	0	0	0	0,00	
A	T5	175	175		0		0	0	0	0	0	0	0	0,00	
A	T6	175	175		0		0	0	0	0	0	0	0	0,00	
A	T7	175	175		0		0	0	0	0	0	0	0	0,00	
Sub Total		1.214	1.201		12		1	0	0	0	0	0	13	1,1%	
-----															
B	T1	176	140		15		21	0	0	0	0	0	36	20,45	
B	T2	176	170		6		0	0	0	0	0	0	6	3,41	
B	T3	175	173		2		0	0	0	0	0	0	2	1,14	
B	T4	175	175		0		0	0	0	0	0	0	0	0,00	
B	T5	174	170		4		0	0	0	0	0	0	4	2,27	
B	T6	174	174		0		0	0	0	0	0	0	0	0,00	
B	T7	176	176		0		0	0	0	0	0	0	0	0,00	
Sub Total		1.226	1.178		27		21	0	0	0	0	0	48	3,9%	
Total		2.440	2.379		39		22	0	0	0	0	0	61	2,5%	

De un total de 2.440 plantas observadas en las parcelas de los siete tratamientos para ambos lotes (1.214 en Lote A y 1.226 en Lote B), se identificó 61 plantas en condición NDF correspondientes a una incidencia del 2,5% en el área experimental. La incidencia de NDF representa un valor relativo del 1,1% en el Lote A y del 3,9% para el Lote B. De las 61 plantas observadas 2 daif bajo condición NDF el 21,3% correspondió al Lote A y 78,7% a la Lote B.

En las parcelas no tratadas (T1) en el Lote A, el 6,8% de plantas respondió a los eventos de frio y en el Lote B se observó el mayor grado de respuesta, correspondiente a 20,5%. Estos resultados sugieren que las plantas de piña estuvieron expuestas a condiciones ambientales propias de cada microclima que potenciaron los eventos de frio y la respuesta a la diferenciación natural durante la semana dos y tres del 2016, con mayor grado de incidencia para el Lote B (Cuadro 12).

Del total de plantas observadas en el área experimental bajo la condición NDF el 78% correspondieron a plantas no tratadas (Testigo absoluto: T1) y el 22% a plantas tratadas con PinCor® independientemente de la dosis y volumen de aplicación. Se observó que el 13,64% de las plantas no tratadas (T1) presentó condición de NDF 2 daif. Por otro lado, plantas tratadas con PinCor® en concentraciones del i.a de 2.000 ppm (T2), 25 ppm (T3) y 50 ppm (T5), presentaron incidencia de 1,7%, 0,87% y 1,14% respectivamente. En cambio plantas tratadas con PinCor® en concentraciones de 4.000 ppm, 8.000 ppm y 100 ppm, correspondientes a los tratamientos T4, T6 y T7 respectivamente, no presentaron incidencia de NDF a los 2 daif (Figura 17), por lo tanto PinCor® aplicado a alto volumen (2.000 l/ha) en concentración de 100 ppm de i.a y aplicado a bajo volumen (25 l/ha) en concentraciones de 4.000 ppm y 8.000 ppm, correspondiente a dosis de 0,50 l/ha y 1,0 l/ha respetivamente, logró suprimir la respuesta de las plantas de piña híbrido MD-2 a los eventos responsables de la inducción natural de la inflorescencia identificados 2 daif.



*Letras iguales denotan que no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos. Kruskal Wallis ( $\alpha=0,05$ ).*

**Figura 17.** Incidencia porcentual de NDF en función de tratamientos (dosis y volumen) a 2 daif, en investigación sobre la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

Plantas tratadas con PinCor® en concentraciones de 4.000 ppm y 50 ppm, que corresponden a los tratamientos T4 y T5 en forma respectiva, mostraron una reducción

de la incidencia de NDF al 0,57% en comparación con el 13,6% de incidencia observada en plantas no tratadas 2 daif. En cambio, las plantas que recibieron aplicaciones de PinCor® en concentraciones de 25 ppm (T2) y 2.000 ppm (T3) correspondientes a la dosis de 0,25 l/ha del producto comercial aplicado a bajo y alto volumen respectivamente mostraron una reducción de incidencia de NDF correspondiente al 1,3% (valor medio de T2 y T3).

El análisis estadístico basado en la Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis ( $\alpha=0,05$ ) para las observaciones realizadas 2 daif (Cuadro 13), indicó diferencias significativas ( $p=0,03$ ) entre las plantas no tratadas y las tratadas con PinCor® en concentraciones de 2.000 ppm de i.a (T2), diferencias referentes a la proporción de plantas que respondieron al fenómeno de NDF (Anexo 2). Además, se encontró diferencias altamente significativas ( $p\leq 0,01$ ), entre la respuesta de las plantas no tratadas (T1) en contraste con plantas que recibieron aplicaciones de PinCor® en concentraciones de i.a de 25 ppm, 4.000 ppm, 50 ppm, 8.000 ppm y 100 ppm correspondientes a los tratamientos T3, T4, T5, T6 y T7 respectivamente (Anexo 2). Sin embargo, la prueba estadística no indicó diferencias estadísticas significativas ( $p\geq 0,25$ ) referentes a la proporción de plantas tratadas con PinCor® en concentraciones de i.a de 25 ppm, 50 ppm, 100 ppm, 2.000 ppm, 4.000 ppm y 8.000 ppm (T3, T5, T7, T2, T4 y T6 respectivamente), que expresaron la diferenciación natural de la inflorescencia dos días antes de la inducción floral (Anexo 2).

**Cuadro 13.** Diferencia de medias y valores **p** presentados en forma matricial para el contraste de medias de tratamientos en la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

Tratamiento	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
T1	--	0,03	0,01	0,001	0,01	0,001	0,001
T2	11,93	--	0,71	0,25	0,71	0,25	0,25
T3	12,77	0,84	--	0,43	1	0,43	0,43
T4	13,64	1,70	0,87	--	0,43	1	1
T5	12,50	0,57	-0,27	-1,14	--	0,43	0,43
T6	13,64	1,70	0,87	0,00	1,14	--	1
T7	13,64	1,70	0,87	0,00	1,14	0	--

\*\*Matriz de Diferencias de medias y valores de p (diagonal superior) Prueba de Kruskal Wallis ( $\alpha=0,05$ )

Con base en la respuesta estadística para la observación realizada 2 daif, se puede sugerir una reducción en la incidencia de NDF del 13,6% en plantas no tratadas con PinCor® a un 1,7% correspondiente a la mayor incidencia de NDF registrado en plantas tratadas con PinCor®.

En las parcelas de piña híbrido MD-2, tratadas con Pincor® en concentraciones de i.a de 2.000 ppm, 4.000 ppm y 8.000 ppm aplicadas a bajo volumen (25 l/ha) y en concentraciones de i.a de 25 ppm, 50 ppm y 100 ppm aplicadas a alto volumen (2.000 l/ha), el porcentaje de plantas que respondió a los eventos ambientales responsables de la inducción natural de la inflorescencia observados 2 daif y sucedidos entre semana 48 del 2015 y semana tres del año 2016, fue menor en comparación a la respuesta observada en plantas no tratadas ante el mismo fenómeno de NDF; por lo tanto se ha observado que tratando las plantas de piña híbrido MD-2 con PinCor® en las respectivas concentraciones durante aplicaciones semanales y consecutivas por un periodo de trece a quince semanas correspondientes al periodo de mayor susceptibilidad, se logra reducir y/o suprimir el efecto de los eventos responsables de la inducción natural de la inflorescencia en piña durante el periodo previo de seis semanas antes del forzamiento (Figura 17).

#### **4.2.2. Identificación de las frutas naturalmente diferenciadas (NDF)**

Transcurridos 40 días después del forzamiento se procedió a realizar la observación para determinar el porcentaje total de plantas bajo las condiciones NDF y ADF (diferenciación artificial floral). Durante esta lectura se consideró como brote floral producto de la inducción artificial todo aquel en estado de emergencia correspondiente a seis semanas de desarrollo post diferenciación (Figura 18) de acuerdo a la Guía fotográfica del avance del desarrollo fenológico de la inflorescencia en piña de Barrantes (2008), además de toda planta que presentó signos evidentes de posible emergencia del brote floral. Los otros estadios de desarrollo observados fueron atribuidos como producto de la diferenciación natural de la inflorescencia (NDF). Se aclara que al momento de la lectura existió la probabilidad de que algunas plantas no respondieran a la inducción artificial o a la inducción natural de la floración; bajo esa

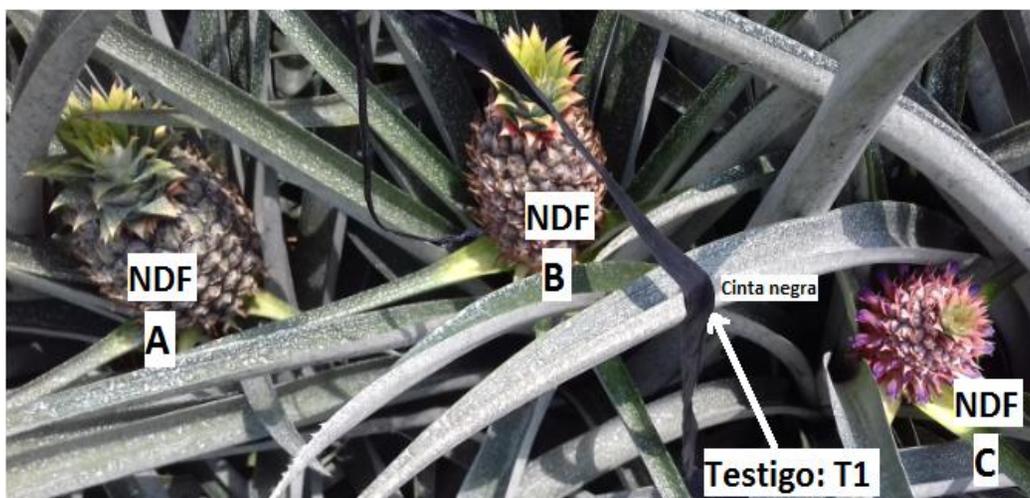
condición, transcurridos 70 ddif se realizó una observación para determinar el porcentaje de plantas no diferenciadas.



**Figura 18.** Brote floral producto del forzamiento transcurridos 40 ddif (obsérvese residuos de carbón activado y cono bajo en emergencia) durante la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

Durante la ejecución de la lectura transcurridos 40 ddif, las plantas con la condición de NDF presentaron una distribución desde el estado de cono medio correspondiente a siete semanas de desarrollo, hasta frutas con corona en pleno desarrollo atribuido al avance del desarrollo fenológico de la inflorescencia con trece semanas (90 días) después de la diferenciación natural (Cuadro 14).

En la Figura 19 se puede apreciar la condición de desarrollo de tres frutas producto de diferentes eventos de NDF en una parcela no tratada (T1: obsérvese cinta de color negro), en la parte A se observa una fruta con corona desarrollada que corresponde a una fruta con trece semanas de desarrollo, en la parte B una fruta con flor seca y corona a medio desarrollo correspondiente a doce semanas de desarrollo y en la parte C una fruta en flor alta y corona en formación con once semanas de desarrollo post diferenciación floral.



**Figura 19.** Frutas producto de NDF en diferentes estadios de desarrollo, A: 13 semanas dif, B: 12 semanas dif y C: 11 semanas dif, durante estudio sobre la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

Para esta evaluación se observaron 2.440 plantas correspondientes a 56 unidades experimentales y se observaron 221 plantas bajo la condición NDF, por lo que un 9,1% del total de plantas respondieron a la diferenciación natural y el 90,9% fueron producto del forzamiento artificial. En el Lote A, se observaron 61 plantas con condición NDF y 160 plantas bajo la misma condición en el Lote B, que representan el 2,5% y 6,6% respectivamente de la población observada.

La incidencia de NDF manifiesta en forma relativa en cada lote fue del 5% y 13,1% para el Lote A y Lote B respectivamente, donde se mantuvo el comportamiento observado en la evaluación preliminar realizada 2 daif. En las parcelas no tratadas en el Lote A, el 30,6% de las frutas fueron producto de NDF y en el Lote B el 56,8% de las frutas fue producto de la NDF (Cuadro 14).

Las plantas en el Lote B respondieron en mayor magnitud al proceso de la diferenciación natural de la inflorescencia, quedando evidenciado que los lotes estuvieron expuestos a condiciones propias de cada sitio que afecta la respuesta a los eventos de frío y con ello, el grado de susceptibilidad de la plantación a sufrir NDF puede estar condicionado condiciones propias de cada microambiente.

**Cuadro 14.** Cantidad de brotes florales observados en semana quince del 2016, trascurridos 40 ddif (frecuencia absoluta y relativa) en dos lotes durante estudio de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

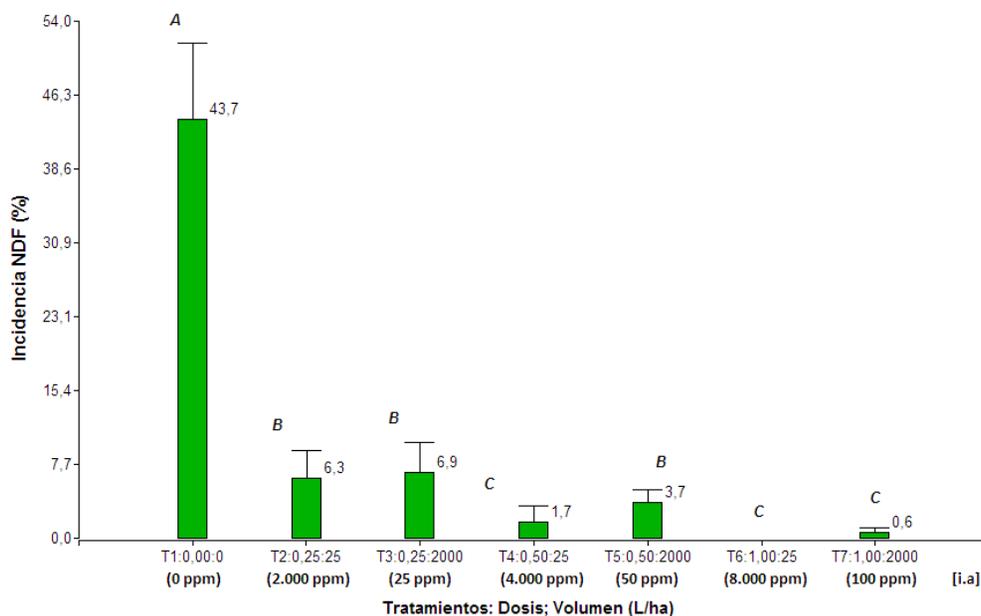
Lote	Trat.	Plantas evaluadas	Frutas ADF	Edad del brote floral (semanas post diferenciación floral)										Total de NDF	Valor % NDF
				7	8	9	10	11	12	13	14	15	≥ 16		
				Semana de diferenciación floral											
				8 <sub>(2016)</sub>	7 <sub>(2016)</sub>	6 <sub>(2016)</sub>	5 <sub>(2016)</sub>	4 <sub>(2016)</sub>	3 <sub>(2016)</sub>	2 <sub>(2016)</sub>	1 <sub>(2016)</sub>	53 <sub>(2015)</sub>	≥ 52 <sub>(2015)</sub>		
-----Cantidad de brotes floral observados-----															
A	T1	176	122	0	1	10	19	12	11	1	0	0	0	54	30,68
A	T2	168	166	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	1,22
A	T3	172	169	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	3	1,74
A	T4	173	173	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
A	T5	175	173	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	1,14
A	T6	175	175	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
A	T7	175	175	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Sub Total		1.214	1.153	0	2	12	21	13	12	1	0	0	0	61	5,0%
-----															
B	T1	176	76	0	4	14	25	11	30	16	0	0	0	100	56,82
B	T2	176	156	1	1	12	0	0	6	0	0	0	0	20	11,36
B	T3	175	154	1	4	11	3	0	2	0	0	0	0	21	12,00
B	T4	175	169	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	6	3,43
B	T5	174	163	0	1	5	1	0	4	0	0	0	0	11	6,32
B	T6	174	174	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
B	T7	176	174	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	1,14
Sub Total		1.226	1.066	2	10	48	31	11	42	16	0	0	0	160	13,1%
-----															
Total		2.440	2.219	2	12	60	52	24	54	17	0	0	0	221	9,1%

La Figura 20 muestra los valores de incidencia de la diferenciación natural de la inflorescencia por tratamiento. En las parcelas no tratadas (T1) la incidencia correspondió a un 43,7%, por otro lado, en las parcelas tratadas con PinCor® la incidencia osciló en el rango de 0% al 6,9%. En Figura 20 se aprecia que conforme se incrementa la dosis de PinCor® suministrada a las plantas de piña en aspersiones semanales y consecutivas durante doce a catorce semanas la incidencia de NDF mostró tendencia hacia la reducción.

La diferencia mínima de incidencia entre el tratamiento control y parcelas tratadas con PinCor® correspondió a la respuesta de plantas tratadas con 25 ppm (T3: 0,25 l/ha a alto volumen), implicando una reducción del 36,8%.

Plantas tratadas con PinCor® en concentración de 8.000 ppm de i.a aplicado a 25 l/ha (T6), no respondieron a los eventos de frío, lográndose obtener el 100% de

inflorescencias producto de la inducción artificial (forzamiento), por lo tanto PinCor® en dosis de 1,0 l/ha de producto comercial aplicado con un volumen de solución de 25 l/ha, logró suprimir el fenómeno de NDF durante el periodo de evaluación.



Letras iguales denotan que no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos. DMS: diferencia mínima significativa ( $\alpha=0,05$ ).

**Figura 20.** Incidencia porcentual de NDF en función de los tratamientos (dosis y volumen) transcurridos 40 ddif, en experimento sobre la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

En plantas tratadas con PinCor® en concentraciones del i.a de 2.000 ppm (T2), 25 ppm (T3), 4.000 ppm (T4), 50 ppm (T5), 8.000 ppm (T6) y 100 ppm (T7), fue posible sincronizar la fruta con la calendarización de forzamiento en un 93,7%, 93,1%, 98,3%, 96,3%, 100% y 99,4% respectivamente; en cambio en las plantas no tratadas fue se obtuvo el 56,3% de frutas mediante el forzamiento. Por lo tanto, aplicando PinCor® en las respectivas concentraciones es posible obtener mínimo un 93,1% de frutas producto del forzamiento durante cosechas correspondientes a inducción artificial realizada en periodo de susceptibilidad a NDF. En las plantas tratadas con PinCor® en concentración de 8.000 ppm de i.a aplicado a bajo volumen (25 l/ha) (T6), se logró suprimir la respuesta al fenómeno de NDF; por lo tanto, fue posible sincronizar el 100% de las frutas con la calendarización del forzamiento artificial.

El Análisis de Varianza (ANDEVA), mostró efecto de los tratamientos y la prueba de Diferencia Mínima Significativa de Fisher ( $\alpha=0,05$ ), indicó diferencias altamente significativas ( $p<0,0001$ ) entre las medias de los tratamientos (Anexo 3). Las interacciones dobles y triples entre el factor lote, dosis y volumen no fueron significativas ( $0,1183 \leq p \leq 0,567$ ), por lo que los factores se expresan en forma independiente y su análisis se realizó en forma separada (Anexo 3). No se encontró efecto debido al bloqueo ( $p=0,238$ ), hubo diferencias altamente significativas asignadas a los niveles del factor dosis de aplicación ( $p<0,001$ ), no así para los niveles del factor volumen de aplicación ( $p=0,10$ ) (Anexo 3), por lo tanto el volumen de aplicación de las diferentes dosis de PinCor<sup>®</sup> evaluadas no ejerce efecto sobre reducción de la NDF, mientras que la dosis afecta la respuesta de las plantas al fenómeno de NDF, mostrando un comportamiento inversamente proporcional; a medida que se incrementa la dosis de PinCor<sup>®</sup> menor es la incidencia de NDF (Figura 20).

Para el factor lote también se encontró diferencias altamente significativas ( $p<0,001$ ) (Anexo 3), por consiguiente, la magnitud en la respuesta de las plantas al fenómeno de floración natural está muy influenciada por condiciones propias de cada microambiente dentro de un lote.

El Cuadro 15 muestra comparaciones múltiples entre tratamientos, donde el tratamiento Testigo (T1) mostró diferencias altamente significativas ( $p=0,001$ ) en contraste con la respuesta de las plantas al fenómeno NDF tratadas con PinCor<sup>®</sup> en concentraciones de 25 ppm, 50 ppm y 100 ppm de i.a a alto volumen (2.000 l/ha) y 2.000 ppm, 4.000 ppm y 8.000 ppm de i.a a bajo volumen (25 l/ha), correspondientes a los tratamientos T3, T5, T7 y T2, T4, T6 respectivamente (Anexo 4).

Plantas de piña híbrido MD-2 tratadas con PinCor<sup>®</sup> en concentraciones de 25 ppm de i.a (T3) y en concentraciones de 50 ppm de i.a (T5) aplicadas a alto volumen, mostraron un comportamiento estadísticamente igual ( $0,35 \leq p \leq 0,788$ ) respecto a las plantas tratadas con concentraciones de 2.000 ppm de i.a (T2) aplicado a bajo volumen. Por otro lado, plantas tratadas con PinCor<sup>®</sup> en concentraciones de 4.000 ppm (T4), 8.000 ppm (T6) aplicadas a bajo volumen y en concentración de 100 ppm (T7) mostraron diferencias estadísticas no significativas ( $0,387 \leq p \leq 0,713$ ) referidas al

porcentaje de plantas que respondieron al fenómeno de la diferenciación natural de la inflorescencia (Anexo 4).

**Cuadro 15.** Diferencia de medias y valores **p** presentados en forma matricial para el contraste de tratamientos trascurridos 40 ddif, durante la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

Tratamiento	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
T1	--	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
T2	37,46	--	0,7883	0,0077	0,5038	0,0007	0,0029
T3	36,89	-0,57	--	0,0038	0,3504	0,0003	0,0014
T4	42,04	4,58	5,15	--	0,0392	0,387	0,7137
T5	40,02	2,56	3,13	-2,02	--	0,0046	0,0166
T6	43,75	6,29	6,86	1,71	3,73	--	0,6162
T7	43,18	5,72	6,29	1,14	3,16	-0,57	--

*\*\*Matriz de Diferencias de medias y valores de p (diagonal superior) Prueba de LSD Fisher ( $\alpha=0,05$ )*

Para identificar diferencias entre la expresión de factores en estudio (volumen, dosis y lote) en forma independiente, se realizó pruebas de contrastes ortogonales a un nivel de significancia de  $\alpha=0,05$  (Anexo 5), encontrándose diferencias altamente significativas ( $p<0,0001$ ) entre plantas no tratadas y las tratadas con PinCor® en todas sus concentraciones (contraste 1 del Cuadro 16). Al contrastar la respuesta de las plantas no tratadas con la respuesta de las plantas que fueron tratadas con PinCor® en cada una de las dosis (0,25 l/ha, 0,50 l/ha y 1,0 l/ha) sin importar la concentración, se encontraron diferencias altamente significativas ( $p<0,0001$ ) (contrastos 2, 3 y 4 del Cuadro 16).

Comparando la respuesta de las plantas tratadas con PinCor® en dosis a 0,25 l/ha (25 ppm y 2.000 ppm) y 0,50 l/ha (50 ppm y 4.000 ppm), sin importar el volumen de aplicación (contraste 5), la respuesta al fenómeno de NDF fue estadísticamente diferente ( $p=0,0114$ ), de manera que comparando la respuesta al fenómeno de NDF de las plantas tratadas con PinCor® en la dosis de 0,25 l/ha y la dosis de 1,0 l/ha (100 ppm y 8.000 ppm) las diferencias estadísticas fueron altamente significativas ( $p<0,0001$ ). En el contraste 7 del Cuadro 16, se muestra la existencia de diferencias significativas

( $p=0,021$ ) al comparar la respuesta de las plantas al fenómeno NDF, tratadas con la dosis de PinCor® a 0,5 l/ha (T4 y T5) y la dosis a 1,0 l/ha (T6 y T7).

La respuesta referida a las plantas que manifestaron NDF (en porcentaje) y que fueron tratadas con PinCor® a bajo y a alto volumen de solución (25 l/ha y 2.000 l/ha respectivamente), sin considerar la dosis del producto comercial (contraste 9 del Cuadro 16), mostró un comportamiento estadísticamente igual ( $p=0,101$ ). Por lo tanto, el volumen de aplicación (AB: 2.000 l/ha y BV: 25 l/ha) no ejerce efecto en la respuesta de las plantas tratadas con una misma dosis de PinCor®, respuesta referida al fenómeno de la diferenciación natural de la inflorescencia.

**Cuadro 16.** Coeficientes en la prueba de contrastes ortogonales y p-valor en la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

Trat	Coeficientes de los contrastes ortogonales								
	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4	Ct.5	Ct.6	Ct.7	Ct.8	Ct.9
T1	6	2	2	2	0	0	0	0	0
T2	-1	-1	0	0	1	1	0	-1	-1
T3	-1	-1	0	0	1	1	0	-1	1
T4	-1	0	-1	0	-1	0	1	1	-1
T5	-1	0	-1	0	-1	0	1	-1	1
T6	-1	0	0	-1	0	-1	-1	1	-1
T7	-1	0	0	-1	0	-1	-1	1	1
p-valor	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0114	<0,0001	0,0218	<0,0001	0,101

Las comparaciones anteriores muestran que las tres dosis del producto comercial PinCor® evaluadas (0,25 l/ha, 0,5 l/ha y 1,0 l/ha), tienen efecto en la magnitud de la respuesta de las plantas al fenómeno de NDF; siendo la dosis la responsable de la reducción de la NDF, manifestada por los diferentes grados de incidencia de plantas NDF identificadas en las parcelas tratadas con PinCor®, no así el volumen de la solución aplicada.

### 4.3. Distribución de las frutas NDF en el tiempo (eventos NDF)

La observación realizada transcurridos 40 ddif, permitió identificar y cuantificar las plantas bajo la condición NDF y ADF. Con base en la Guía fotográfica de Barrantes (2008), se logró determinar la distribución del estado fenológico de las frutas NDF y a la vez fue posible estimar la semana del año donde se dio el proceso de diferenciación natural en cada planta.

Las frutas o brotes NDF presentaron un estadio fenológico de desarrollo correspondiente entre siete semanas y trece semanas después de la diferenciación floral, al relacionar la distribución de edad del brote floral fue posible estimar la semana del año donde las plantas respondieron a los estímulos ambientales para la transformación de yema vegetativa a reproductiva (eventos NDF).

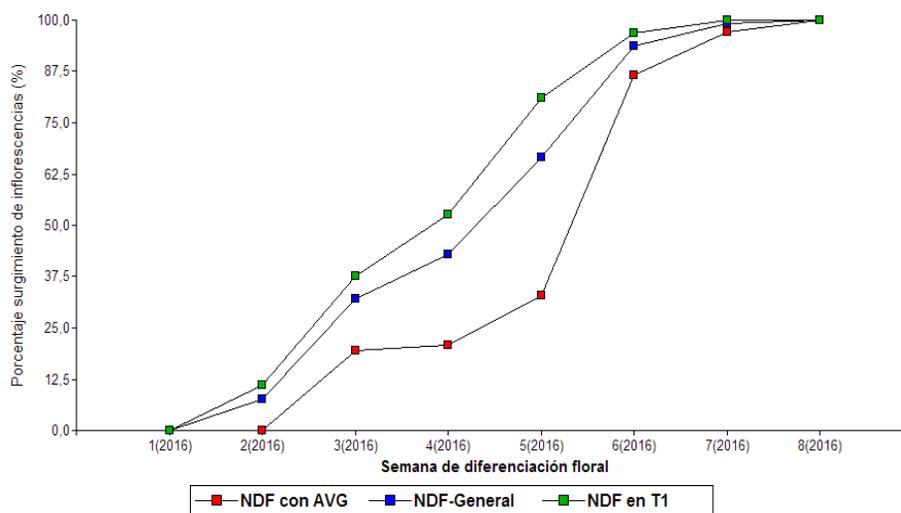
El Cuadro 17 muestra la distribución de los eventos NDF, el fenómeno de diferenciación natural se presentó entre la semana dos y la semana ocho del año 2016. Se observaron tres eventos fuertes asignados para semana tres (24,4 %), semana cinco (23,5%) y semana seis (27,1%); donde el 75,1% de plantas observadas bajo la condición NDF sufrieron diferenciación. Entre la semana dos y semana siete del 2016 el 99% de las plantas observadas bajo la misma condición respondieron a los eventos de frío y a otros estímulos ambientales que favorecen la inducción natural de la inflorescencia. Entre la semana 48 del año 2015 y semana uno del 2016 no se registraron eventos de NDF en el área experimental.

**Cuadro 17.** Distribución de los eventos de NDF durante evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

Semana estimada de la Diferenciación Floral	Frecuencia de frutas NDF		
	Absoluta (unid)	Relativa (%)	Acumulada (%)
1(2016)	0	0,00	0,00
2(2016)	17	7,69	7,69
3(2016)	54	24,43	32,13
4(2016)	24	10,86	42,99
5(2016)	52	23,53	66,52
6(2016)	60	27,15	93,67
7(2016)	12	5,43	99,10
8(2016)	2	0,90	100,00
Total	221	100,00	100,00

En Figura 21 se representa la distribución en frecuencia relativa acumulada, del porcentaje de surgimiento de las inflorescencias NDF en función de la semana del año donde se registraron los eventos; se muestra la frecuencia de las frutas NDF en plantas tratadas con PinCor®, en plantas no tratadas (Testigo), además de la distribución de la frecuencia en general. Se puede apreciar que la diferenciación en las plantas tratadas dio inicio en semana tres del año 2016 y se extendió hasta semana ocho, registrándose eventos en todas las semanas de dicho periodo.

Por otro lado, en plantas no tratadas la diferenciación dio inicio una semana antes con respecto a las plantas tratadas (semana dos) y se prolongó hasta la semana ocho, observándose el mismo comportamiento que en plantas tratadas de varios eventos sucesivos dentro del intervalo de tiempo identificado. No es evidente un retraso considerable en la floración natural en plantas tratadas con PinCor®, respecto a plantas no tratadas.



**Figura 21.** Incidencia porcentual de NDF (Frecuencia acumulada) en función de la fecha de diferenciación floral durante evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

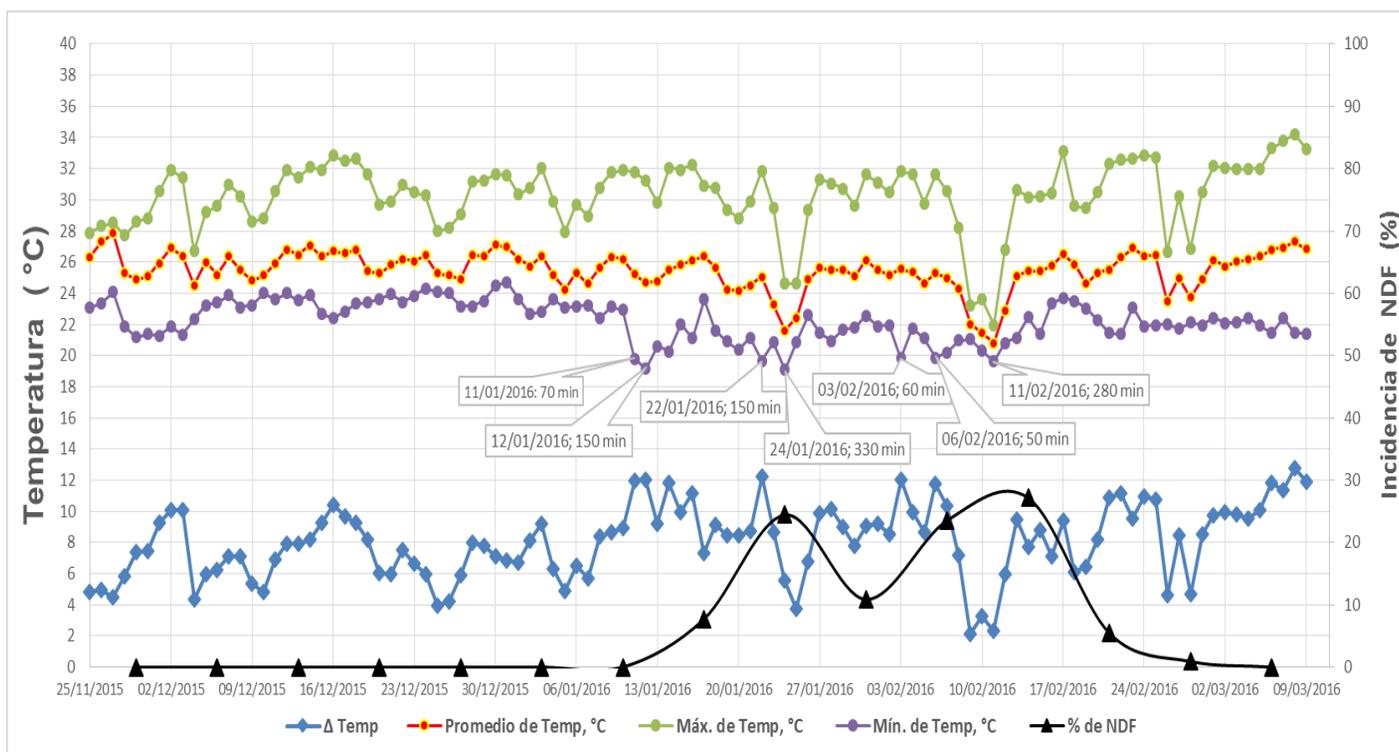
#### **4.4. Relación entre la incidencia porcentual de NDF y la temperatura ambiental.**

Con la información obtenida para la variable meteorológica temperatura por medio del sensor instalado en abrigo meteorológico próximo al área en estudio (datos registrados cada diez minutos desde 25 noviembre 2015 hasta el 09 de marzo del 2016), se procedió a relacionar la distribución de los eventos de NDF con la temperatura diaria (máxima, mínima y media) y con el diferencial de la temperatura.

Durante el periodo de aplicación de los tratamientos se registró valores promedios de temperatura media, mínima y máxima de 25,4°C, 22,3°C y 30,3°C respectivamente. En la Figura 22 se visualiza un intervalo de aproximadamente cuatro semanas (11-01-2016 hasta 11-02-2016) donde la temperatura mínima descendió bajo los 20°C, condición ambiental relacionada con el fenómeno de la diferenciación natural de la inflorescencia en plantas de piña híbrido MD-2 observado en el presente estudio. Bartholomew *et al.* (2003), mencionan que temperaturas inferiores a los 25 °C durante las noches en combinación con días cortos facilitan NDF, por otro lado, Jiménez (1999) establece que temperaturas debajo de 15 °C durante las noches inducen al fenómeno. Sanewski *et al.* (1998), citados por Pinto da Cunha (2005), observaron 100% de floración natural en plantas de piña expuestas a temperaturas inferiores a los 20°C por un periodo de diez a doce semanas. No obstante se desconoce el valor de temperatura óptima para la NDF, donde el factor determinante puede ser el tiempo de exposición a bajas temperaturas durante las noches (Bartholomew *et al.* 2003). En este trabajo se ha observado que la exposición de las plantas de piña a temperaturas inferiores a los 20 °C, por un tiempo mayor a los 50 minutos se relaciona con incidencia de NDF, registrándose los mayores porcentajes de incidencia de NDF en días donde las plantas estuvieron expuestas a temperaturas inferiores a los 20 °C por tiempos de 330 minutos y 280 minutos, correspondientes a la semana número tres y semana número seis del año 2016 respectivamente (Figura 22).

Además, se observó que en periodos de diferencia mínima entre la temperatura máxima y mínima del día (24 horas) inferior a los 4°C, también se relacionó con periodos de alta incidencia de NDF durante el respectivo periodo de evaluación (semanas 3, 5 y 6 del año 2016). Bartholomew y Malézieux (1994), citados por Pinto da Cunha (2005),

mencionan que una mínima diferencia entre la temperatura del día y la noche, en combinación a días cortos es necesaria para que suceda floración natural.



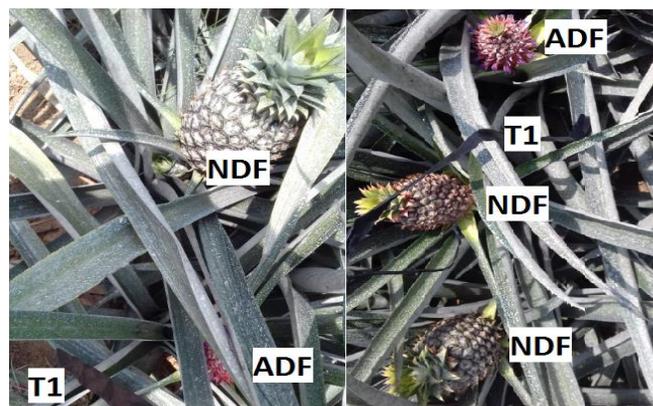
**Figura 22.** Temperatura mínima, máxima, media y diferencial de temperatura en eje izquierdo, e incidencia de NDF en eje derecho, durante el periodo de evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

Bajo las condiciones del presente estudio se ha observado que el fenómeno de floración natural de la inflorescencia en piña se relaciona con condiciones de temperatura mínimas del día inferior a los 20°C por un tiempo de exposición superior a los 50 minutos, los mismos asociados con valores de diferencial de temperatura diario inferior a 4°C.

#### 4.5. Efecto de PinCor® sobre la eficacia de la inducción artificial (ADF).

El forzamiento se realizó con gas etileno como agente inductor en combinación con carbón activado, se ejecutaron dos pases durante horas nocturnas en dos días consecutivos. Transcurridos 70 días se realizó la observación para determinar posibles fallas en el forzamiento, a la fecha de la observación, las primeras frutas naturalmente

diferenciadas presentaron 125 días de desarrollo (18 semanas), por lo que aún no se ejecutaban labores de cosecha, las cuales son realizadas generalmente en la región transcurridas 20-21 semanas post forzamiento. En cambio, las frutas producto del forzamiento (ADF) mostraban un desarrollo correspondiente a once semanas post inducción floral, observándose la finalización de la floración e inicio de la formación de corona (Figura 23).



**Figura 23.** Estadio de desarrollo de frutas NDF y ADF transcurridos 70 ddif, durante la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

Esta observación permitió determinar que el agente inductor fue 100% eficaz (Cuadro 18), no encontrándose evidencias de que PinCor® en las diferentes dosis (0,25 l/ha, 0,50 l/ha y 1,0 l/ha) afecte la sensibilidad de las plantas de piña a la inducción artificial de la inflorescencia mediante la aplicación foliar de gas etileno.

**Cuadro 18.** Plantas evaluadas, plantas inducidas y no inducidas durante evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

Tratamiento	Transcurridos 40 ddif			Transcurridos 70 ddif		Eficacia agente inductor
	Plantas Evaluadas	Frutas ADF	Frutas NDF	Plantas con Fruta	Plantas no inducidas	
T1	352	198	154	352	0	100%
T2	344	322	22	344	0	100%
T3	347	323	24	347	0	100%
T4	348	342	6	348	0	100%
T5	349	336	13	349	0	100%
T6	349	349	0	349	0	100%
T7	351	349	2	351	0	100%
Total	2.440	2.219	221	2.440	0	100%

## 5. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se ha ejecutado este trabajo de investigación y después del análisis de los resultados obtenidos, se concluye:

- ✓ Plantas de piña híbrido MD-2 con peso desde 1,7 kg hasta 1,87 kg tratadas con PinCor® en concentraciones de 25 ppm, 50 ppm y 100 ppm del i.a, aplicadas a alto volumen de solución (2.000 l/ha), correspondientes a dosis de 0,25 l/ha, 0,5 l/ha y 1,0 l/ha del producto comercial; presentan reducción en la incidencia de NDF del 43,7% al 6,9 % en contraste con plantas no tratadas.
- ✓ Plantas de piña híbrido MD-2 con peso desde 1,7 kg hasta 1,87 kg tratadas con PinCor® en concentraciones de 2.000 ppm, 4.000 ppm y 8.000 ppm del i.a, aplicadas a bajo volumen de solución (25 l/ha), correspondientes a dosis de 0,25 l/ha, 0,5 l/ha y 1,0 l/ha del producto comercial; presentan reducción en la incidencia de NDF del 43,7% al 6,3% en contraste con plantas no tratadas.
- ✓ Aplicaciones de Aviglicina (PinCor®) en concentraciones de 2.000 ppm, 4.000 ppm y 8.000 ppm del i.a, a bajo volumen de solución (25 l/ha) demuestra ser eficaz en la reducción de la NDF, no obstante se observó que la plantación tiende a manifestar cierto grado de reacción clorótica temporal en respuesta a la alta concentración del i.a., donde los síntomas desaparecen al concluir ciclo de aplicaciones.
- ✓ Se determinó que conforme la dosis de PinCor® fue mayor (0,25 l/ha, 0,5 l/ha, 1,0 l/ha), la incidencia de la NDF mostró una tendencia a la reducción, siendo posible sincronizar la fruta con la calendarización de forzamiento en un 93,4%, 97,3% y 99,7% respectivamente para el nivel de cada dosis; en cambio en las plantas no tratadas solo fue posible obtener un 56,3% de frutas mediante el forzamiento.
- ✓ El tratamiento con PinCor® de 1.0 l/ha aplicado con bajo volumen de solución (25 l/ha), correspondiente a una concentración 8.000 ppm de i.a, suprimió en el 100% la respuesta de las plantas de piña híbrido MD-2 al fenómeno de NDF.

Adicional al planteamiento de los objetivos específicos surgieron conclusiones que merecen ser mencionadas, las cuales presentan aportes adicionales relacionados al fenómeno de NDF y a la eficacia de PinCor®:

- ✓ Los resultados indican que el volumen de aplicación no es significativo en la eficacia de PinCor® sobre la reducción de la NDF, por lo que el nivel de cada dosis por hectárea es el factor que define su eficacia.
- ✓ Durante el periodo de evaluación correspondiente desde semana 48 de año 2015 hasta semana ocho del año 2016, se determinó que el 100% de plantas observadas bajo condición NDF sufrieron la diferenciación entre la semana número dos y la semana número ocho del año 2016, con mayor incidencia durante semana tres (24,4 %), semana cinco (23,5%) y semana seis (27,1%).
- ✓ Bajo las condiciones del presente estudio se ha observado que el fenómeno de floración natural de la inflorescencia en piña híbrido MD-2 se relaciona con la exposición de la plantación por un tiempo mayor a los 50 minutos diarios a condiciones de temperaturas inferiores a los 20°C, los mismos asociados a un diferencial de temperatura inferior a 4°C, y a mayor exposición diaria bajo la misma la NDF tiene a incrementar.
- ✓ No se encontraron evidencias que aplicaciones de PinCor® (AVG) en dosis de 0,25 l/ha, 0,50 l/ha y 1,0 l/ha, afecten la sensibilidad de las plantas de piña híbrido MD-2 a la inducción artificial de la inflorescencia mediante aplicación foliar de gas etileno.

## 6. RECOMENDACIONES

1. Las formulaciones del producto comercial PinCor® 20 SL en dosis de 0,25 l/ha a 1,0 l/ha aplicado a alto volumen (2.000 l/ha) y bajo volumen de solución (25 l/ha), se considera como opción viable técnicamente para reducir los efectos negativos de la floración naturalmente diferenciada en piña híbrido MD-2 durante el periodo de mayor incidencia, en función de reducir los costos de producción.
2. En investigaciones similares con este ingrediente activo evaluar hasta cosecha para determinar posible efecto del activo en la formación de la fruta (malformaciones).
3. En investigaciones similares ejecutar más repeticiones del experimento en el espacio y de ser posible en el tiempo, tomando en cuenta el periodo de mayor susceptibilidad al fenómeno NDF para cada región.
4. Evaluar mediante análisis económico la relación beneficio-costos (R: B/C) de la posible implementación de un programa de aplicación de PinCor® 20 SL para el control de NDF durante periodo de mayor susceptibilidad.

## 7. BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Araya, M. 2015. Promedios mensuales de datos climáticos de San Carlos. Base de datos en Excel solicitada al Instituto Meteorológico Nacional. Departamento de Información.
- Arias, S., López, J. 2007. Manual para la inducción floral (forza) en piña. Proyecto de Diversificación Económica Rural. USAID-RED. Honduras. 11 p.
- Azcon, J., Tálon, M. 2008. Fundamentos de Fisiología Vegetal. 2ª Edición. McGraw-Hill- Interamericana de España. Madrid. España. 651 p.
- Balaguera, H., Salamanca, F., García, J. Herrera, A. 2014. Etileno y retardantes de la maduración en la poscosecha de productos agrícolas. Una revisión. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 8(2): 302-313 p.
- Barrantes, S. 2008. Efecto del Agrokin Plus® en el rendimiento y calidad externa e interna de la fruta de piña (*Ananas comosus*) (L.) Merr. híbrido MD-2 en Upala, Costa Rica. Tesis. Ing. Agr. San Carlos. C.R. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Agronomía. 116 p.
- Bartholomew, D. 2013. From the Editor: Pineapple Working Group News. Newsletter of the Pineapple Working Group, International Society for Horticultural Science. Pineapple News N° 20. 2 p.
- Bartholomew, D. 2014. History and perspectives on the role of ethylene in pineapple flowering. International Society for Horticultural Science. Acta Hortic. 1042 (1): 269-284 p.
- Bartholomew, D., Malézieux, E., Sanewski, G., Sinclair, E. 2003. "Inflorescence and Fruit Development and Yield". In: The Pineapple: Botany, Production and Uses. eds. Bartholomew, D.P., Paull, R.E., Rohrbach, R.G. CABI Publishing. New York. USA. 178-203 p.
- Bartholomew, D., Uruu, G. 2008. Pineapple Control of Flowering Studies. Newsletter of the Pineapple Working Group, International Society for Horticultural Science. Pineapple News N° 15. 34-36 p.
- Bartholomew, D., Uruu, G. 2009. Effects of ReTain® on Natural Induction of Reproductive Development of MD-2 Pineapple. Newsletter of the Pineapple Working Group, International Society for Horticultural Science. Pineapple News N° 16. 34-38 p.

- Butcher, D., Gouda, E. 2014. Most *Ananas* are Cultivars. Newsletter of the Pineapple Working Group, International Society for Horticultural Science. Pineapple News N° 21. 9-11 p.
- Camacho, G. 2002. Análisis comparativo del desarrollo de un cultivo de Piña (*Ananas comosus* (L.) Merr) sembrado en labranza mínima y en labranza convencional en finca FRUTEX S.A., Pital, San Carlos. Pract. Esp. Ing. Agr. San Carlos. C.R. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Agronomía. 92 p.
- Cámara Nacional de Productores y Exportadores de Piña (CANAPEP). 2016. Estadísticas. (en línea). Cámara Nacional de Productores y Exportadores de Piña. Consultado 12/08/2016. Disponible en <http://canapep.com/estadisticas/>
- Carvalho, S., Vieira, C., Bürkle, R., Marur, C. 2005. Épocas de indução floral e soma térmica do período do florescimento à colheita de abacaxi Smooth Cayenne. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal. 27 (3): 430-433 p.
- Castro, Z. 1994. "Cultivo de la Piña". En: Atlas Agropecuario de Costa Rica. editor. Cortés, G. EUNED. San José. Costa Rica. 193-205 p.
- Coppens, G y Leal, F. 2003. "Morphology, Anatomy and Taxonomy". In: The Pineapple: Botany, Production and Uses. eds. Bartholomew, D.P., Paull, R.E., Rohrbach, R.G. CABI Publishing. New York. USA. 13-33 p.
- Coppens, G., Sanewski, G., Smith, M., Duval, F., Leal, F. 2011. "*Ananas*". In: Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources (Tropical and Subtropical Fruits). Editor. Kole, C. Editorial Springer. 21-42 p.
- Pinto da Cunha, G. 2009. Fisiologia da floração do abacaxizeiro. Tópicos Em Ciências Agrárias. UFRB. Vol N° 1. 21 p.
- Escaso, F., Martínez, J., Planelló, M. 2010. Fundamentos básicos de fisiología vegetal y animal. Pearson educación, S. A. Madrid. España. 264 p.
- Evans, D., Sanford, W., Bartholomew, D., Rohrbach, K.G., 2002. "Growing Pineapple". In: Pineapple Cultivations in Hawaii. Eds. Bartholomew, D.P., Rohrbach, K.G., Evans, D.O. University of Hawaii at Manoa. Honolulu. U.S.A. Fruits and Nuts (F&N- 7). 8 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2016. Cultivos: Piña Tropical, Producción de Piña Tropical por País. (en línea). FAOSTAT. Consultado 14/10/2016. Disponible en <http://faostat.fao.org/beta/es/#data/QC/visualize>

- Garita, R. 2014. La Piña. Editorial Tecnología de Costa Rica. Cartago. Costa Rica. 568 p.
- Hepton, A. 2003. "Cultural System". In: The Pineapple: Botany, Production and Uses. eds. Bartholomew, D., Paull, R., Rohrbach, R. CABI Publishing. New York. USA. 109-142 p.
- Jiménez, J. 1999. Cultivo de la Piña: Manual Práctico para el Cultivo de la Piña de Exportación. Editorial Tecnológica. Cartago. Costa Rica. 220 p.
- Jordán, M., Casaretto, J. 2006. Hormonas y Reguladores del Crecimiento: Etileno, Ácido Abscísico, Brasinoesteroides, Poliaminas, Ácido Salicílico y Ácido Jasmónico. En: Fisiología Vegetal. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile. 28 p.
- Kuan, C., Yu, C., Lin, M., Hsu, H., Bartholomew, D., and Lin, C. 2005. Foliar application of aviglycine reduces natural flowering in pineapple. HortScience. 40 (1):123-26 p.
- Kuoos, H. 2010. Manejo da floração visando o escalonamento da produção do abacaxizeiro no Cerrado Mato-Grossense. Tese doutorado. Universidad Federal de Lavras. Lavras. Brasil. 75 p.
- Lin, C., Kuan, C., Hsu, Y., Lin, M., Hsu, H., Yu, C., Bartholomew, D. 2006. Delaying Natural Flowering in Pineapple. Acta Horticulturae 702 (1):63-70 p.
- Lin, M., Chen, A., Lin, T., Kuan, C., Lee, C., Yang, C. 2015. Prevention of natural flowering in pineapple (*Ananas comosus*) by shading and urea application. Horticulture, Environment, and Biotechnology. 56 (1): 9-16 p.
- López, J., Leep, D., Venburg, J., Retamales, J., Shen, T., Rath, A., Hansen, J. 2010. Recent research on AVG prevention of natural induction. New Mexico State University, Valent Biosciences Corporation. In: Newsletter of the Pineapple Working Group, International Society for Horticultural Science. Pineapple News N° 17. 7 p.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). 2007. Caracterización y plan de acción para el desarrollo de la agrocadena de Piña en la región Huetar Norte. Ministerio de Agricultura y Ganadería: Dirección Regional Huetar Norte. Ciudad Quesada. Costa Rica. 62 p.

Malézieux, E., Côte, F., Bartholomew, D. 2003. "Crop Environment, Plant Growth and Physiology". In: The Pineapple: Botany, Production and Uses. eds. Bartholomew, D.P., Paull, R.E., Rohrbach, R.G. CABI Publishing. New York. USA. 69-109 p.

Morales, M. 2015. Comunicación personal: Departamento de Estadística Agrícola Agromonte. Boca Arenal. San Carlos.

Pérez, J y Garbati, F. 2004. Preparación de suelos para la producción de piña (*Ananas comosus* L. Merr). (en línea). Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). República de Cuba. Consultado 10/05/2015. Disponible en <http://www.gerona.inf.cu/modules.php?name=Sections&op=viewarticle&artid=13>

Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica (PROCOMER). 2014. Costa Rica supera meta exportadora del 2012. (en línea). Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica. Consultado 12/06/2015. Disponible en <http://www.procomer.com/contenido/costa-rica-supera-meta-exportadora-del-2012.html>

Py, C. 1969. La Piña Tropical. Editorial BLUME. Barcelona-Madrid. España. 269 p.

Rabie, E., Tustin, H., Mbatha, B. 2011. The effect of aviglycine application rate and frequency on the inhibition of natural flowering of 'Queen' pineapple in South Africa. International Society for Horticultural Science. Act. Horticulturae, 902(1): 281-290 p.

Rabie, E., Tustin, H., Mbatha, B. 2013. The effect of plant size and spray volume on the efficacy of Aviglycine in the inhibition of natural flowering of 'queen' pineapple (*Ananas comosus*) in South Africa [electronic resource]. International Society for Horticultural Science. Acta horticulturae, 1007 (1): 837-848 p.

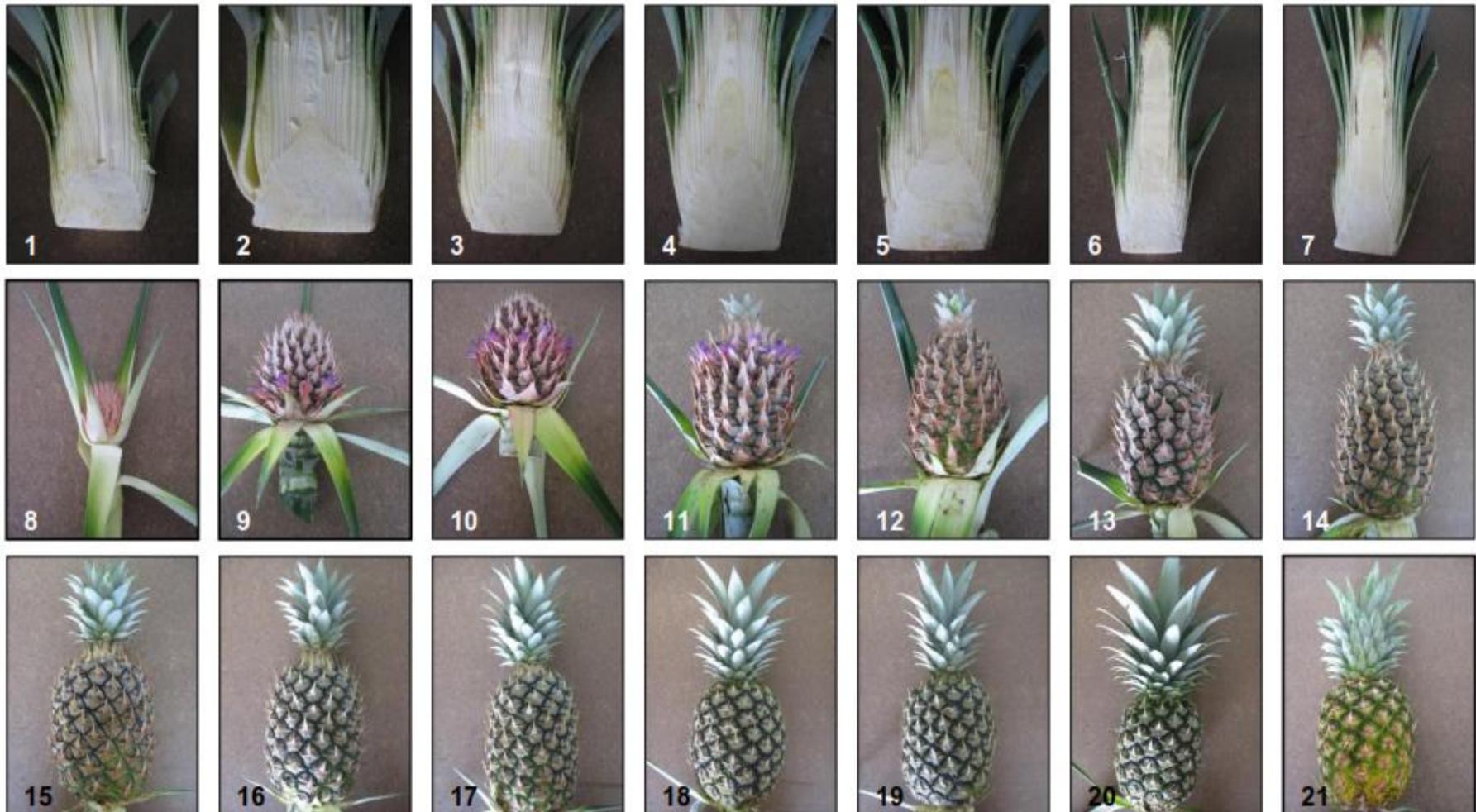
Rebolledo, M.L, Uriza, D., Del Angel, A., Rebolledo, M. A. 2000. Rates of fruitone CPA in different applications number during day versus night to flowering inhibition in pineapple. Acta Horticulturae. 529(1):185-190 p.

Rebolledo, M.L, Uriza, D., Del Angel, A., Rebolledo, M. A. 2008. Inhibitors of MD-2 pineapple natural flowering in Mexico: rate, number and date of application. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Veracruz. México. In: In: Newsletter of the Pineapple Working Group, International Society for Horticultural Science. Pineapple News N° 15. 42 p.

- Saborío, J. 2000. Manejo agronómico del cultivo de piña (*Ananas comosus* (L.) Merr) y determinación de la condición nutritiva de las plantas pre inducción floral en finca A.P.A.C.O.N.A, Guatuso, Upala. Pract. Ing. Agr. San Carlos. C.R. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Agronomía. 67 p.
- Sandoval, D., Mata, R. 2014. Base de perfiles de suelos de Costa Rica. Versión 1. 2 (en línea). Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo (ACCS). San José, Costa Rica. Consultado 10/08/2016. Disponible en [http://www.cia.ucr.ac.cr/?page\\_id=139](http://www.cia.ucr.ac.cr/?page_id=139)
- Soler, A., Teisson, C., Dole, B. Alphonsine, M. 2006. Forcing in Pineapples: What is New? Newsletter of the Pineapple Working Group, International Society for Horticultural Science. Pineapple News N° 13. 27-31 p.
- Taiz, L., Zeiger, E. 2002. Plant physiology. 3ª ed. Sinauer Associates. 690 p.
- Trusov, Y., Botella, J. 2006. Silencing of the ACC synthase gene ACACS2 causes delayed flowering in pineapple [*Ananas comosus* (L.) Merr.]. Journal of Experimental Botany, 57(14):3953-3960 p.
- Uriza, D. 2011. Paquete Tecnológico Piña MD-2 (*Ananas comosus* var. *comosus*): Establecimiento y mantenimiento. Programa Estratégico para el Desarrollo Rural Sustentable de la Región Sur-Sureste de México. SAGARPA-INIFAP-Gobierno Federal. Veracruz. México. 16 p.
- Wang, R., Hsu, Y., Bartholomew, D., Maruthasalam, S., and Lin, C. 2007. Delaying Natural Flowering in Pineapple Through Foliar Application of Aviglycine, an Inhibitor of Ethylene Biosynthesis. HortScience. 42(5):1188-1191 p.

## 8. ANEXOS

**Anexo 1.** Guía fotográfica del avance del desarrollo fenológico de la inflorescencia en piña, usada durante la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrdo MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.



Fuente: Barrantes 2008.

**Anexo 2.** Análisis estadístico para los datos registrados durante la evaluación preliminar de la floración naturalmente diferenciada realizada 2 daif, durante evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

**Prueba de Kruskal Wallis**

Variable	Trat	N	trat	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
NDF	T1	1	8	13,638	10,864	11,365	16,494	0,0001	
NDF	T2	2	8	1,704	3,156	0,000			
NDF	T3	3	8	0,866	1,706	0,000			
NDF	T4	4	8	0,000	0,000	0,000			
NDF	T5	5	8	1,136	2,430	0,000			
NDF	T6	6	8	0,000	0,000	0,000			
NDF	T7	7	8	0,000	0,000	0,000			

**Matriz de Dif. de medias y valores de p (diagonal superior) entre tratamientos**

	1	2	3	4	5	6	7
1		0,032	0,012	0,001	0,012	0,001	0,001
2	11,934		0,713	0,250	0,713	0,250	0,250
3	12,771	0,838		0,434	1,000	0,434	0,434
4	13,638	1,704	0,866		0,434	1,000	1,000
5	12,501	0,568	-0,270	-1,136		0,434	0,434
6	13,638	1,704	0,866	0,000	1,136		1,000
7	13,638	1,704	0,866	0,000	1,136	0,000	

**Anexo 3.** Análisis estadístico para los datos registrados durante la identificación de floración naturalmente diferenciada trascurridos 40 daif, durante la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RAIZ NDF	56	0,86	0,81	57,84

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	273,32	16	17,08	15,34	<0,0001
Localidad	27,01	1	27,01	24,24	<0,0001
Bloque	4,90	3	1,63	1,47	0,2383
Dosis	225,92	3	75,31	67,60	<0,0001
Volumen	3,14	1	3,14	2,82	0,1010
Localidad*Volumen	1,28	2	0,64	0,58	0,5674
Dosis*Volumen	2,30	2	1,15	1,03	0,3663
Localidad*Dosis*Volumen	8,78	4	2,19	1,97	0,1183
Error	43,44	39	1,11		
Total	316,77	55			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,84386

Error: 1,1139 gl: 39

Dosis Medias n E.E.

0,00	6,43	8	0,41	A
0,25	2,02	16	0,29	B
0,50	1,02	16	0,29	C
1,00	0,13	16	0,29	D

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

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,79560

Error: 1,1139 gl: 39

Volumen Medias n E.E.

0	6,43	8	0,41	A
2000	1,31	24	0,24	B
25	0,80	24	0,24	B

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

**Anexo 4.** Prueba de contrastes ortogonales de tratamientos trascurridos 40 ddif, durante la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RAIZ NDF	56	0,86	0,81	57,84

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	273,32	16	17,08	15,34	<0,0001
Localidad	27,01	1	27,01	24,24	<0,0001
Bloque	4,90	3	1,63	1,47	0,2383
Trat	231,36	6	38,56	34,62	<0,0001
Localidad*Trat	10,06	6	1,68	1,50	0,2022
Error	43,44	39	1,11		
Total	316,77	55			

**Contrastes**

Trat	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	4,48	0,53	80,33	1	80,33	72,11	<0,0001
Contraste2	4,34	0,53	75,30	1	75,30	67,59	<0,0001
Contraste3	5,96	0,53	142,26	1	142,26	127,71	<0,0001
Contraste4	4,84	0,53	93,60	1	93,60	84,03	<0,0001
Contraste5	6,43	0,53	165,14	1	165,14	148,25	<0,0001
Contraste6	6,16	0,53	151,72	1	151,72	136,20	<0,0001
Contraste7	-0,14	0,53	0,08	1	0,08	0,07	0,7883
Contraste8	1,48	0,53	8,79	1	8,79	7,89	0,0077
Contraste9	0,36	0,53	0,51	1	0,51	0,46	0,5038
Contraste10	1,94	0,53	15,12	1	15,12	13,57	0,0007
Contraste11	1,68	0,53	11,25	1	11,25	10,10	0,0029
Contraste12	1,63	0,53	10,56	1	10,56	9,48	0,0038
Contraste13	0,50	0,53	0,99	1	0,99	0,89	0,3504
Contraste14	2,09	0,53	17,42	1	17,42	15,64	0,0003
Contraste15	1,82	0,53	13,25	1	13,25	11,89	0,0014
Contraste16	-1,13	0,53	5,07	1	5,07	4,56	0,0392
Contraste17	0,46	0,53	0,85	1	0,85	0,77	0,3870
Contraste18	0,20	0,53	0,15	1	0,15	0,14	0,7137
Contraste19	1,59	0,53	10,09	1	10,09	9,05	0,0046
Contraste20	1,32	0,53	6,98	1	6,98	6,27	0,0166
Contraste21	-0,27	0,53	0,28	1	0,28	0,26	0,6162
Total			231,36	6	38,56	34,62	<0,0001

**Coefficientes de los contrastes**

Trat	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4	Ct.5	Ct.6	Ct.7	Ct.8	Ct.9	Ct.10	Ct.11	Ct.12	Ct.13	Ct.14	Ct.15	Ct.16	Ct.17	Ct.18	Ct.19	Ct.20	Ct.21
T1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T2	-1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T3	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T4	0,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00
T5	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	-1,00	0,00	-1,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00
T6	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	-1,00	0,00	-1,00	0,00	-1,00	1,00
T7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-1,00

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,06741

Error: 1,1139 gl: 39

Trat Medias n E.E.

T1	6,43	8	0,37	A
T3	2,09	8	0,37	B
T2	1,94	8	0,37	B
T5	1,59	8	0,37	B
T4	0,46	8	0,37	C
T7	0,27	8	0,37	C
T6	0,00	8	0,37	C

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

**Anexo 5.** Prueba de contraste ortogonales de factores de tratamientos trascurridos 40 ddif, durante la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RAIZ NDF	56	0,86	0,81	57,84

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	273,32	16	17,08	15,34	<0,0001
Localidad	27,01	1	27,01	24,24	<0,0001
Bloque	4,90	3	1,63	1,47	0,2383
Trat	231,36	6	38,56	34,62	<0,0001
Localidad*Trat	10,06	6	1,68	1,50	0,2022
Error	43,44	39	1,11		
Total	316,77	55			

**Contrastes**

Trat	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
	Contraste1	32,20	2,42	197,55	1	197,55	177,35 <0,0001
	Contraste2	8,82	0,91	103,72	1	103,72	93,11 <0,0001
	Contraste3	10,80	0,91	155,55	1	155,55	139,64 <0,0001
	Contraste4	12,58	0,91	211,14	1	211,14	189,55 <0,0001
	Contraste5	1,98	0,75	7,85	1	7,85	7,05 0,0114
	Contraste6	3,76	0,75	28,34	1	28,34	25,44 <0,0001
	Contraste7	1,78	0,75	6,36	1	6,36	5,71 0,0218
	Contraste8	-4,89	0,91	31,89	1	31,89	28,63 <0,0001
	Contraste9	1,54	0,91	3,14	1	3,14	2,82 0,1010
	Total			231,33	5	46,27	41,53 <0,0001

**Coefficientes de los contrastes**

Trat	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4	Ct.5	Ct.6	Ct.7	Ct.8	Ct.9
T1	6,00	2,00	2,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T2	-1,00	-1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	-1,00	-1,00
T3	-1,00	-1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	-1,00	1,00
T4	-1,00	0,00	-1,00	0,00	-1,00	0,00	1,00	1,00	-1,00
T5	-1,00	0,00	-1,00	0,00	-1,00	0,00	1,00	-1,00	1,00
T6	-1,00	0,00	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-1,00	1,00	-1,00
T7	-1,00	0,00	0,00	-1,00	0,00	-1,00	-1,00	1,00	1,00

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,06741

Error: 1,1139 gl: 39

Trat	Medias	n	E.E.	
T1	6,43	8	0,37	A
T3	2,09	8	0,37	B
T2	1,94	8	0,37	B
T5	1,59	8	0,37	B
T4	0,46	8	0,37	C
T7	0,27	8	0,37	C
T6	0,00	8	0,37	C

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

**Anexo 6.** Prueba estadística de Levene (homocedasticidad) y de Shapiro Wilks (normalidad), realizada al conjunto de datos obtenidos en la observación trascurridos 40 ddif, durante la evaluación de la eficacia de Aviglicina (PinCor®) en la reducción de la NDF en piña híbrido MD-2. Finca Agrícola Agromonte S.A., San Carlos, Costa Rica. 2015-2016.

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RABS RAIZ NDF	56	0.43	0.20	74.54

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.08	16	4.8E-03	1.85	0.0590
Loc	0.01	1	0.01	4.14	0.0486
Tratamiento	0.04	6	0.01	2.43	0.0429
Bloque	4.7E-03	3	1.6E-03	0.60	0.6160
Loc*Tratamiento	0.02	6	3.9E-03	1.51	0.2014
Error	0.10	39	2.6E-03		
Total	0.18	55			

**Shapiro-Wilks (modificado)**

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO RAIZ NDF	56	0.00	0.09	0.96	0.3940