

EVALUACIÓN DE EFICACIA DE OPTIFULL 72SL (Etefón) como inhibidor de la
floración en cultivares de caña de azúcar (híbridos *Saccharum spp.*)
en Escuintla, Guatemala

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



EVALUACIÓN DE EFICACIA DE OPTIFULL 72SL (ETEFÓN) COMO INHIBIDOR DE LA
FLORACIÓN EN CULTIVARES DE CAÑA DE AZÚCAR (HÍBRIDOS *SACCHARUM SPP.*)
EN ESCUINTLA, GUATEMALA

Trabajo de graduación en modalidad de trabajo profesional presentado por
Edwin Leonel Amado Chávez
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en Tecnología Agrícola y
Pecuaria.

Guatemala

2020

Vo.Bo.:

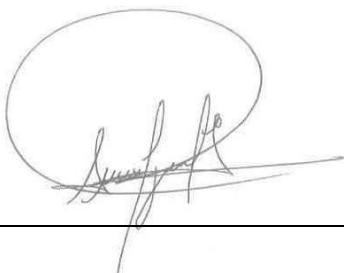
(f) 

Dr. Fredy Longo Asesor

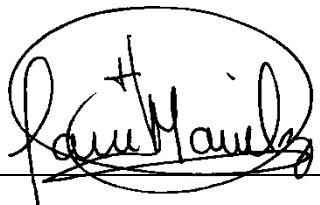
Tribunal Examinador:

(f) 

Dr. Fredy Longo

(f) 

Inga. Agr. Susana García
Director de Ingeniería Agrícola y Pecuaria

(f) 

Inga. Agr. Claudia Melendrez

Fecha de aprobación: Guatemala, 11 de junio de 2020

DEDICATORIAS

A:

Dios: Por bendecirme en todo momento y nunca abandonarme en esta etapa de mi vida .

Mi madre: Zulma Yadira Chávez Hernández (QEPD) por formar un hombre de bien y siempre motivarme a lograr mis sueños, hubiera deseado con todo mi corazón compartir este logro, un fuerte abrazo y un beso hasta el cielo.

Mi hermano: Kevin Estuardo Amado Chávez, por apoyarme y brindarme su cariño.

Mis abuelos: Irma Hernández y Rigoberto Chávez, por darme su amor incondicional y sus sabios consejos.

Mi novia: María Andreé Hegel Passarelli, por apoyarme a lo largo de mi carrera y siempre demostrarme su amor incondicional, te amo.

AGRADECIMIENTOS

A:

UVG Campus Sur: Por inculcarme valores que me hicieron ser mejor persona.

Mi asesor: Dr. Fredy Longo, por aceptar ser mi asesor y apoyarme siempre.

Ingenio Madre Tierra: Quiero agradecer al departamento de malezas y madurantes en especial al Ing. Manuel Corado y al Ing. Alejandro Callejas por sus enseñanzas y apoyo incondicional.

Mis amigos: Brayan López y Herbert Donis, por siempre apoyarnos y disfrutar esta importante etapa de nuestras vidas.

Mis compañeros: Donald Gonzales, Yoselyn Mencos, Viviana Muxin y Marco Pérez por apoyarnos en nuestra trayectoria de enojos y sobre todo alegrías

Mi tía: Maricela Chávez, por ser una segunda mamá para mí.

Mis Suegros: Por su apoyo incondicional.

Mi familia: Por estar siempre pendiente de mí.

ÍNDICE

LISTADO DE CUADROS	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS	2
A. GENERAL	2
B. ESPECÍFICO.....	2
C. HIPÓTESIS	2
III. JUSTIFICACIÓN	3
IV. MARCO TEÓRICO.....	5
A. ORIGEN DE LA CAÑA DE AZÚCAR.....	5
B. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.....	5
C. BOTÁNICA DE LA CAÑA DE AZÚCAR.....	5
D. LA INFLORESCENCIA EN CAÑA DE AZÚCAR.....	5
1. FOTOPERIODO	6
2. ALTITUD.....	6
3. RADIACIÓN SOLAR	6
4. TEMPERATURA	7
5. LLUVIA	7
6. HUMEDAD	7
E. LA HOJA.....	7
F. INHIBIDOR DE FLORACIÓN	8
1. ETEFÓN	8
2. OPTILUX 48SL.....	8
3. OPTIFULL 72SL.....	9
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
A. LOCALIZACIÓN.....	10
B. MATERIAL VEGETAL.....	12
C. TRATAMIENTOS	12
D. VARIABLES DE RESPUESTA.....	12
E. APLICACIÓN DE LOS INHIBIDORES DE LA FLORACIÓN.....	12
F. MUESTREOS.....	13

G.	DESCRIPCIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN PARA LAS VARIABLES DE RESPUESTA.....	13
1.	ALTURA DE TALLO (M).....	13
2.	DIÁMETRO (MM)	13
3.	MUESTREO DE FLORACIÓN	13
4.	MUESTREO DE CORCHO	14
5.	RENDIMIENTO DE CAÑA (TCH).....	14
6.	RENDIMIENTO DE AZÚCAR POR TONELADA DE CAÑA (KG TON ⁻¹).....	14
7.	RENDIMIENTO DE AZÚCAR POR HECTÁREA (TAH)	14
H.	DISEÑO EXPERIMENTAL	15
I.	UNIDAD EXPERIMENTAL	17
J.	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.	17
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
A.	ANÁLISIS DE CORRELACIÓN.	19
B.	ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA)	20
1.	ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL EXPERIMENTO CON LA VARIEDAD CP72-2086.....	20
2.	ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LOS EXPERIMENTOS CON LA VARIEDAD CP73-1547	22
C.	PRUEBAS DE “T” SOBRE COMPARACIONES DE PROMEDIOS SEGÚN CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS POR VARIEDAD	24
D.	CORCHO.....	25
VII.	CONCLUSIONES.....	28
VIII.	RECOMENDACIÓN.	29
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30
X.	ANEXOS.....	33
	ANEXO 1. PRUEBAS DE T.....	33
	ANEXO 2. OPTIFULL VS OPTILUX CP73-1547	35
	ANEXO 3. OPTILUX VS TESTIGO CP73-1547.....	37
	ANEXO 4. OPTILUX VS TESTIGO CP72-2086.....	40
	ANEXO 5. OPTIFULL VS TESTIGO CP72-2086.....	44
A.	ANÁLISIS DE VARIANZA CP73-1547	47
B.	ANÁLISIS DE VARIANZA CP72-2086	59
C.	PRUEBA DE FRIEDMAN PARA LA VARIABLE CORCHO (25, 50, 75,100).....	65
	ANEXO 6. FOTOGRAFÍAS DURANTE EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN.....	68

LISTADO DE CUADROS

CUADRO 1. CARACTERES PRINCIPALES DE LAS VARIEDADES UTILIZADAS EN ESTE ESTUDIO.....	12
CUADRO 2. TRATAMIENTOS, PRODUCTOS Y DOSIS UTILIZADOS EN LOS ENSAYOS	12
CUADRO 3. RESULTADOS DE LAS MEDIDAS DE TENDENCIA DE LAS VARIABLES SUJETAS A ANÁLISIS	17
CUADRO 4. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN	19
CUADRO 5. RESUMEN DE LOS ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA FUENTE DE VARIANZA TRATAMIENTO (TRT) DEL EXPERIMENTO CON LA VARIEDAD CP72-2086.	20
CUADRO 6. RESUMEN DE LOS ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA FUENTE DE VARIACIÓN TRATAMIENTO (TRT) DE LOS EXPERIMENTOS CON LA VARIEDAD CP73-1547	23
CUADRO 7. COMPARACIONES PAREADAS SELECCIONADAS DE “T” DE TRATAMIENTOS POR VARIEDAD PARA DIFERENTES VARIABLES DE RESPUESTA.....	25
CUADRO 8. ESTADÍSTICOS PARA LA PRUEBA DE FRIEDMAN PARA LA EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS SOBRE LA VARIABLE FRECUENCIAS TALLOS CON CORCHO EN 25%, 50%, 75% Y 100%.....	27

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. PANORÁMICA SATELITAL DE LOS LOTES DE INGENIO MADRE TIERRA	10
FIGURA 2. PANORÁMICA SATELITAL DE CROQUIS FINCA MADRE TIERRA. 05/10/2018....	11
FIGURA 3. PANORÁMICA SATELITAL DE CROQUIS FINCA CAÑAVERALES DEL SUR. 05/10/2018.....	11
FIGURA 4. PANORÁMICA SATELITAL DE CROQUIS FINCA LA BENDICIÓN. 05/10/2018.	11
FIGURA 5. FORMA Y PUNTOS DE MUESTREO	15
FIGURA 6. FRECUENCIAS DE PLANTAS SEGÚN SUS VALORES DE FLORACIÓN EN PORCENTAJE	18
FIGURA 7. FRECUENCIAS DE PLANTAS SEGÚN SUS VALORES DE REFRACTOMETRÍA (BRX).....	19
FIGURA 8. DIFERENCIAS POR LSD (LETRAS A, B Y C) ENTRE TRATAMIENTOS DE ETEFÓN. (LSD=11.335) PARA LOS VALORES PROMEDIO DE LA VARIABLE FLORACIÓN (%)	21
FIGURA 9. DIFERENCIAS POR LSD (LETRAS A Y B) ENTRE TRATAMIENTOS DE ETEFÓN, PARA LOS VALORES PROMEDIO PARA LA VARIABLE TAH. (LSD=2.507)	22
FIGURA 10. DIFERENCIAS POR LSD (LETRAS A Y B) ENTRE TRATAMIENTOS DE ETEFÓN, PARA LOS VALORES PROMEDIO DE LA VARIABLE DIAMETRO EN LOS EXPERIMENTOS CON LA VARIEDAD CP73-1547. (LSD=0.096).....	24
FIGURA 11. GRÁFICA DE CAJAS DE DISTRIBUCIÓN DE LAS FRECUENCIAS DE LECTURAS DE CORCHO DE 25% Y 50% POR TRATAMIENTO	26
FIGURA 12. GRÁFICA DE CAJAS DE DISTRIBUCIÓN DE LAS FRECUENCIAS DE LECTURAS DE CORCHO DE 50% Y 100% POR TRATAMIENTO	27

RESUMEN

Ante la necesidad de reducir las pérdidas que ocasiona la floración en caña de azúcar, los ingenios azucareros han enfrentado este fenómeno mediante el uso de dos métodos: el primero es el uso de variedades de bajas tasas de floración y el segundo el uso de productos químicos inhibidores de la floración. En este sentido, el ingenio Madre Tierra ubicado en la costa sur de Guatemala, busca contribuir con la resolución de esta problemática mediante la realización de una serie de experimentos que consisten en la aplicación de dos productos Inhibidores del proceso de la floración llamados: Optilux 48SL, actualmente utilizado en Ingenio Madre Tierra, y Optifull 72SL, ambos con el ingrediente activo etefón. Estos experimentos se condujeron en tres fincas: Cañaverales del Sur, Madre Tierra y La Bendición. La finalidad de estos experimentos fue la obtención de un conjunto de datos que incluya información sobre variables como: porcentaje de floración, porcentaje de corcho, toneladas de caña por hectáreas (TCH), toneladas de azúcar por hectárea (TAH), concentración de azúcar en la caña (kg azúcar por tonelada de caña), así como, altura y diámetro de los tallos, en las variedades de caña CP72-2086 y CP73-1547 que son las más utilizadas actualmente en el ingenio, debido a su desempeño agronómico y productivo en campo abierto. La información obtenida puede ser de utilidad para la empresa debido a que, las diferencias de desempeño de Optifull 72SL con respecto a Optilux 48SL muestra que para la variable TAH, en la variedad CP72-2086, se presentaron diferencias estadísticas únicamente entre el testigo y el tratamiento Optifull. Estadísticamente el tratamiento Optilux es similar tanto al testigo como a Optifull. En el presente trabajo se determinó que la aplicación de etefón (Optilux y Optifull) reduce significativamente las tasas de floración, particularmente en la variedad CP72-2086. Por otro lado, no se observaron efectos en la variedad CP73-1547. En general, Optilux presentó mejores resultados que Optifull. Este último, según los análisis realizados, tiende a reducir más el desarrollo de las plantas, particularmente en el diámetro.

I. INTRODUCCIÓN

La formación de la flor en el cultivo de la caña de azúcar ofrece por un lado la posibilidad de tener material disponible para el mejoramiento genético y por el otro, al detenerse el crecimiento del cultivo, reduce los rendimientos de producción de sacarosa por unidad de área. Esta ampliamente documentado a nivel mundial, que lotes con el 25% y 35% de flor, reducen el contenido de sacarosa entre 5.0 y 7.5 t h⁻¹. (Pérez, 2018)

Para que se produzca la floración existen, tanto factores extrínsecos como intrínsecos que determinan el porcentaje de floración. El factor intrínseco más importante es la edad del cultivo, y en los factores extrínsecos está el fotoperiodo o la respuesta de las plantas a la duración del período luminoso. Por otro lado, además la latitud, altitud, temperatura y la humedad son factores que influyen la floración de la caña de azúcar. Pero más importantes, son las metodologías implementadas para evitarla. Estas deben ser prácticas económicas y que no signifiquen una merma en el rendimiento final de la producción.

Los ingenios azucareros guatemaltecos de la región implementan técnicas tales como el uso de variedades no florecedoras o la utilización de productos que, aplicados días antes de la inducción floral, actúan como biorreguladores del crecimiento. Por esta razón el ingenio Madre Tierra busca la validación de un producto llamado Optifull 72SL que busca sustituir al producto Optilux 48SL lo cual tendrá una reducción en los costos de mezcla por Ha y así un beneficio económico para la empresa. Ambos productos tienen como ingrediente activo a *etefón*. El presente trabajo se realizó para ayudar a generar información a partir de un grupo de experimentos de aplicación de dichos productos, de tal manera que el personal del ingenio pueda tomar la decisión de aplicación más adecuada.

II. OBJETIVOS

A. GENERAL

Contribuir con las mejoras en el manejo del cultivo de la caña de azúcar para la consecución de incrementos de la productividad, así como, el mejoramiento de la eficiencia financiera de dichas mejoras.

B. ESPECÍFICO

- Determinar la eficacia de Optifull 72SL en el porcentaje de control de la floración en caña de azúcar con respecto a la eficacia del Optilux 48SL, como testigo comercial y con respecto a la eficacia del testigo absoluto.

C. HIPÓTESIS

Los promedios de las diferentes variables para los tratamientos en evaluación son estadísticamente iguales.

III. JUSTIFICACIÓN

El azúcar es el segundo producto agrícola en Guatemala en generación de divisas, constituyéndose en una importante contribución a la economía nacional (CENGICAÑA, 2014). Cerca del 9% del total de las exportaciones de Guatemala son atribuibles al azúcar (Banco de Guatemala, 2015). En el país, el azúcar se produce exclusivamente a partir de caña de azúcar y en la zafra de 2016-2017 se cosecharon cerca de 250,000 ha, de las cuales se obtuvo 184,728 t (CENGICAÑA, 2011-2018).

Dentro de las variedades de caña de azúcar que se explotan en Guatemala se encuentra CP72-2086, la cual se explota en más de 30% del área de cultivo y la CP73-1547, la cual se cultiva en cerca del 12% del área productiva de la agroindustria azucarera guatemalteca (CENGICAÑA, 2011-2018). Estas dos tienen el inconveniente productivo de que presentan tasas de floración que oscilan entre el 8% y 55% para la variedad CP72-2086 y entre el 10 y 70% para la variedad CP73-1547, según el mes del año de cosecha y el estrato altitudinal (Quemé, *et al.*, 2012). Estas tasas de floración están asociadas a la productividad debido a que en el proceso de la floración se inicia la muerte fisiológica de la planta en forma descendente. El principal efecto es la deshidratación de los tallos, lo cual produce que el interior produzca lo que se conoce en caña de azúcar como “corcho”. Lo anterior repercute negativamente en la productividad de caña y productividad de azúcar por hectárea (Quemé, *et al.*, 2012). La floración es una cadena de procesos fisiológicos complejos en la cual intervienen diversos factores internos (genotipo y período juvenil) y externos (fotoperiodo, temperatura, época de cosecha, altitud, brillo solar, latitud etcétera.) (Caraballosa, Garcia, Jorge, & Norge, 2011), puede considerarse, en general, como una respuesta de la planta a un determinado fotoperiodo.

El Ingenio Madre Tierra ubicado en el Km 94.5 carretera a Mazatenango, en sus prácticas agronómicas, propicia la innovación mediante la aplicación de productos que mejoren la productividad por unidad de área a través del estudio de factores que afectan al cultivo de la caña de azúcar. El medio ambiente es un factor relevante en la producción, que, aunque no es uniforme todos los años, afectan principalmente la fisiología de la caña de azúcar, especialmente durante el periodo de julio y agosto, lo que puede influir en los patrones de inducción floral, la cual, si ocurre, ocasiona fisiológicamente la detención del crecimiento. Los factores estudiados y que integran parte de las variables climáticas y que afectan los patrones de floración son, la temperatura, la radiación total, el brillo solar y la precipitación pluvial, principalmente (Quemé, *et al.*, 2012).

Para evitar que la caña de azúcar entre en su fase reproductiva (floración), el Ingenio Madre Tierra, dentro de sus prácticas agronómicas contempla la aplicación de biorreguladores de

crecimiento, uno de estos es el ácido 2-cloroetilo fosfónico, cuyo nombre común es etefón. Este compuesto penetra el tejido y se transloca; se descompone a etileno que es el metabolito activo que propicia la inhibición de la floración, por lo que su uso ha cobrado importancia para mantener o incrementar los rendimientos de biomasa de caña de azúcar en el campo (CENGICAÑA, 2014).

El trabajo se justifica desde los puntos de vista biológico y financiero. Si los resultados en cuanto a la inhibición de la floración (biológico) en tasas apropiadas, se da como resultado del uso del nuevo producto (Optifull 72SL), entonces la elección del nuevo producto será con base en los costos relacionados al producto y su aplicación (financiero). Todo lo anterior debe estar atado a la productividad. En este sentido, este trabajo buscó encontrar una respuesta biológica de la caña de azúcar a la aplicación de Optifull 72SL, tal que, si la productividad es apropiada, justifique el cambio del producto Optilux48SL por Optifull 72SL. Para establecer los alcances biológicos y financieros del uso del nuevo producto, así como la toma de la decisión del cambio de producto, se planteó la ejecución del presente trabajo, bajo los auspicios del Ingenio Madre Tierra.

IV. MARCO TEÓRICO

A. ORIGEN DE LA CAÑA DE AZÚCAR.

La caña de azúcar, *Saccharum officinarum* L., es una gramínea originaria de Nueva Guinea; se cultivó por primera vez el Sureste Asiático y la India occidental. Alrededor de 327 A.C. era un cultivo importante en el subcontinente indio. Fue introducido en Egipto alrededor del 647 Después de Cristo (D.C.) y alrededor de un siglo más tarde, a España (755 D.C.). (CONADESUCA, 2015)

B. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

De acuerdo con la clasificación taxonómica actual, la caña se clasifica de la forma siguiente:

División	: Magnoliophyta
Clase	: Liliopsida
Subclase	: Commelinidae
Orden	: Poales
Familia	: Poaceae
Subfamilia	: Panicoideae
Tribu	: Andropogoneae
Género	: <i>Saccharum</i>
Especie	: <i>S. officinarum</i> L. (CONADESUCA, 2015)

C. BOTÁNICA DE LA CAÑA DE AZÚCAR

La caña de azúcar es una gramínea tropical, un pasto gigante emparentado con el sorgo y el maíz en cuyo tallo se forma y acumula un jugo rico en sacarosa, compuesto que al ser extraído y cristalizado en el ingenio se forma el azúcar. La sacarosa es sintetizada por la caña con la energía tomada del sol durante la fotosíntesis, constituye el cultivo de mayor importancia desde el punto de vista de la producción azucarera, además representa una actividad productiva y posee varios subproductos, entre ellos la producción de energía eléctrica derivada de la combustión del bagazo, alcohol de diferentes grados como carburante o farmacéutico (Díaz Montejó & Portocarrero Rivera , 2002)

D. LA INFLORESCENCIA EN CAÑA DE AZÚCAR

La inflorescencia de la caña de azúcar es una panícula sedosa en forma de espiga. Está constituida por un eje principal con articulaciones en las cuales se insertan las espiguillas, una frente de la otra; estas contienen una flor hermafrodita con tres anteras y un ovario con dos estigmas. Cada flor está rodeada de pubescencias largas que le dan a la inflorescencia un aspecto sedoso. En cada ovario hay un óvulo el cual, una vez fertilizado, da origen al fruto o cariósipide. Por lo tanto, lo que comúnmente se conoce como semilla es una cariósipide. El fruto es de forma ovalada de 0.5 mm de

ancho y 1.5 mm de largo, aproximadamente. (Amaya Estévez, H. Cock, del Pilar Hernández, & E. Irvine, 1995)

La floración tiene gran influencia en dos aspectos: el primer aspecto se remite a la producción del azúcar, que se ve disminuida debido a que la planta utiliza gran parte de la energía (carbohidratos y sacarosa) presente en su tallo para la formación de la inflorescencia, disminuyendo su rendimiento, y el segundo aspecto es el mejoramiento genético, donde se utiliza la floración para la realización de cruzamientos (Arrivillaga, 1998) , evento trascendental para los ensayos de nuevas combinaciones híbridas en programas de mejoramiento. Para estos programas la floración es importante ya que da origen a los mecanismos para la producción de nuevas combinaciones híbridas, indispensables en los programas de mejoramiento genético a nivel mundial. Por esto en muchos países donde las condiciones no favorecen a la floración en condiciones naturales, promueven y se experimentan con la inducción artificial de la floración persiguiendo la sincronización de las variedades de caña de azúcar a cruzar (Moore P. , 1974).

Aseguran Araldi *et al* (2010) al respecto, que *“los factores externos relacionados con la floración son: fotoperiodo, temperatura, humedad y radiación solar, además de la fertilidad del suelo. Por otro lado, los factores internos envuelven fitocromos, hormonas, florígeno, ácidos nucleicos, entre otros.”* De existir y darse estas condiciones de manera favorable, se pasará entonces de un crecimiento vegetativo a uno reproductivo; los entrenudos mantendrán su proceso de alargamiento y finalmente surgirá la *“hoja bandera”*, indicador vegetativo asociado directamente con la pronta llegada de la inflorescencia.

1. FOTOPERIODO:

No hay duda en señalar que este es el factor más importante y determinante, siendo la caña una planta sensible a los cambios lumínicos, especialmente a la disminución en la longitud del día cuando esta es larga (13 horas de luz hasta 12 horas de luz), lo cual estimula la floración de la planta.

2. ALTITUD

Su incidencia es indirecta al influir sobre la temperatura y la luminosidad. En localidades altas las bajas temperaturas pueden inhibir la floración y en zonas bajas esta por el contrario aumenta. En regiones de mayor altitud mayor será la nubosidad y la inducción para florear.

3. RADIACIÓN SOLAR

La caña es por origen, naturaleza y excelencia una planta de sol, razón por la cual necesita, responde y asimila muy bien la radiación solar, logrando transformar hasta un 2% de la energía incidente en biomasa. Esta importante propiedad hace que durante todo el ciclo vegetativo la planta

accepte y requiera buena iluminación, si se pretende atender y optimizar su capacidad metabólica (Castro, 2016). Dicho de otra forma: a mayor radiación solar, mayor será la eficiencia de la fotosíntesis y el metabolismo, y, en consecuencia, mayor será también la producción y la acumulación de azúcares. Durante el periodo inductivo de floración la luz la cantidad de luz es también importante, observándose menos floración si hay distorsión del periodo lumínico.

4. TEMPERATURA

Su importancia sobre la inducción de la floración es reconocida y está suficientemente comprobada, aunque sus valores e interpretaciones pueden ser variables; interviniendo también sobre el desarrollo de la inflorescencia y la viabilidad del polen. La temperatura adquiere mayor jerarquía por la influencia efectiva que proporcionalmente ejerce como factor de control de la floración conforme se aleja de la línea ecuatorial y en las latitudes más alejadas. Es muy probable que la temperatura sea el más importante de todos los factores cambiantes, una vez que la adecuada madurez y los requerimientos de luz para la inducción del primordio han sido satisfechos.

5. LLUVIA

Puede intervenir directamente sobre la humedad del suelo, la nubosidad y la temperatura ambiente y con ello sobre la intensidad de floración; fluctuaciones entre años demuestran su influencia. Variaciones en el patrón normal de lluvias modifican la intensidad de la floración, siendo ésta acrecentada con la presencia de altas precipitaciones durante el periodo inductivo.

6. HUMEDAD

Condiciones de estrés prolongado provocado por un periodo seco (disminución de lluvias o riego) previo o durante el periodo inductivo afectan y retrasan la emisión y emergencia de la inflorescencia, pudiendo inhibirla si es severo. Una condición de estrés hídrico que provoque un periodo de tensión de humedad interna en la planta durante la fase de inducción evita el florecimiento de la caña, como se reporta en Hawái al suspender el riego, lo que incrementó los rendimientos en un 10% (Humbert, 1974)

E. LA HOJA

Es el sitio de percepción de las señales lumínicas que inducen a la floración, lo cual implica que algo debe transportarse de la hoja al ápice en desarrollo en el que se formara la flor. La respuesta a la floración requiere cuatro pasos: a) la percepción del estímulo; b) la transformación del órgano receptor a un nuevo esquema metabólico; c) el transporte del estímulo resultante, y d) una respuesta del ápice en desarrollo que resulta en floración

Al realizar el estímulo el punto de crecimiento del tallo es inducido a cambiar del estado vegetativo al estado reproductivo, no se forman más hojas ni entrenudos y se interrumpe el crecimiento adicional, si se inicia la floración, los entrenudos que se encuentran debajo forman tejidos

medulosos que contienen poco o ningún jugo y por consiguiente poco o ningún azúcar, dependiendo del tiempo que transcurra entre el período de inducción y la cosecha, este problema progresa hacia abajo del tallo, y ha habido 20% a 30% de pérdida de azúcar.

F. INHIBIDOR DE FLORACIÓN

Con el objeto de disminuir la floración en la caña de azúcar se ha utilizado productos que disminuyen la floración. Así mismo se ha realizado investigaciones con materiales de diferente naturaleza, como son los defoliantes, quemantes, inhibidores de metabolismo y reguladores vegetales para evitar la diferenciación de tejidos y la iniciación floral, con resultados muy variables en cuanto a efectividad, dosis y fechas de aplicación dependerán de la variedad, estrato altitudinal y número de aplicaciones que se pretenden utilizar. El empleo de reguladores vegetales está tomando mucho auge en localidades cañeras de baja altitud, limitadas o carentes de irrigación y dependientes por ello de la precipitación local. (Chaves, 2017)

Entre los productos mencionados por la literatura pueden citarse el ANA (ácido naftalenoacético), la hidroquinona, el pentaclorofenol, la hidrazida maleica (MH) adicionada a la Giberelina, el nitrato de cobalto, el catecol, los conocidos y tradicionales glifosato, glifosina, etephon, ethrel, monurón, diquat, diurón y paraquat, y en fases avanzadas de investigación el fluazifop-butyl y el sulfometuron-metil, entre otros (Humbert, 1974) (Lee, 1985); (Rodríguez, 1995) (Moore & Berding, 2014)

1. ETEFÓN

El Etefón (ácido 2-cloroetilfosfónico) está clasificado como un regulador de crecimiento, que penetra rápidamente en los tejidos por vía foliar y es traslocado. Como el pH de los tejidos suele mantenerse próximo a 7, etefon se transforma progresivamente en el interior de la planta en cloruro, fosfato y etileno; este último modifica el metabolismo de las auxinas, interfiere los procesos de crecimiento y estimula la síntesis de fenoles y ligninas, es decir, actúa sobre la coloración y maduración de los frutos. Su uso en el cultivo de la caña de azúcar se ha centrado en mejorar la maduración (concentración de sacarosa en el tallo) o en inhibir la floración, con un aumento de la productividad agrícola. (Marrero, Peralta, Pérez, Borroto, & Blanco, 2004)

2. OPTILUX 48SL

Regulador de crecimiento, que induce la liberación de etileno dentro del tejido vegetal. Etileno, es una hormona vegetal, conocida como madurador natural. Optilux 48 SL aplicado en determinadas fases de desarrollo de las plantas y de sus órganos, provoca alteraciones en su proceso fisiológico y bioquímico conforme el objetivo pretendido. Dependiendo de la dosis, momento de aplicación y cultivo. Distribuido por Foragro.

Ingrediente activo: etefón.

Nombre químico: Acido-2-cloroetil- fosfónico.

Nombre comercial: Optilux 48 SL Fito regulador (Concentrado Soluble (SL))

Grupo Químico: Derivado del ácido fosfónico.

Concentración y formulación: 686 g/L Concentrado soluble (SL).

Modo de acción: Contacto, hormonal.

Clasificación toxicológica: IV, Normalmente no ofrece peligro.

Banda Toxicológica: Verde.

Distribuidor: Foragro

3. OPTIFULL 72SL

Regulador de crecimiento, inhibidor de floración que induce la liberación de etileno, hormona natural que interviene en muchos procesos fisiológicos en diferentes estadios fenológicos de los cultivos. Distribuido por Foragro.

Ingrediente activo: etefón.

Nombre químico: Acido-2-cloroetil- fosfónico.

Nombre comercial: Optifull 72 SL Fito regulador (Concentrado Soluble (SL))

Grupo Químico: Derivado del ácido fosfónico.

Concentración y formulación: 684 g/L Concentrado soluble (SL).

Modo de acción: Contacto, hormonal.

Clasificación toxicológica: IV, Normalmente no ofrece peligro.

Banda Toxicológica: Verde.

Distribuidor: Foragro

V. MATERIALES Y MÉTODOS

A. LOCALIZACIÓN

Las fincas y los lotes donde se llevaron a cabo los experimentos se seleccionaron con base al área disponible para las aplicaciones con inhibidor, homogeneidad de las plantaciones, número de corte, fecha de corte y variedad.

Los experimentos se establecieron en los lotes 0044501 de la finca Cañaverales del Sur el Lote 0011701 de la finca Madre Tierra y en los lotes 0670103,0670104 y 0670105 de la finca La Bendición. Finca Cañaverales del Sur y finca Madre Tierra están ubicadas en el estrato medio de la zona cañera guatemalteca (100-300 msnm) y finca la Bendición en el estrato bajo. (40-100 msnm) (Villatoro & Meneses, 2013), Lo anterior puede apreciarse en las figuras 1 2, 3, y 4.



FIGURA 1. PANORÁMICA SATELITAL DE LOS LOTES DE INGENIO MADRE TIERRA. CAPTURA GOOGLE EARTH. 05/10/2018.



FIGURA 2. PANORÁMICA SATELITAL DE CROQUIS FINCA MADRE TIERRA. CAPTURA GOOGLE EARTH. 05/10/2018.



FIGURA 3. PANORÁMICA SATELITAL DE CROQUIS FINCA CAÑAVERALES DEL SUR. CAPTURA GOOGLE EARTH. 05/10/2018.



FIGURA 4. PANORÁMICA SATELITAL DE CROQUIS FINCA LA BENDICIÓN. CAPTURA GOOGLE EARTH. 05/10/2018.

B. MATERIAL VEGETAL

Las aplicaciones se evaluaron en las variedades CP72-2086 en el lote 0011701 y CP73-1547 en los lotes 0670103,0670104 y 0670105. Las principales características de estos genotipos se presentan en el Cuadro 1.

CUADRO 1. CARACTERES PRINCIPALES DE LAS VARIEDADES UTILIZADAS EN ESTE ESTUDIO.

Variedad	oquedad intermedia	oquedad severa	TCH	Pol%Caña	TAH	Brix jugo	Pureza	% Jugo	Población m lineal	altura corte en m	diámetro en mm	Peso de un tallo	% floración	% Corcho	Materia seca %
CP72-2086	1.2	0.0	125.4	15.5	19.5	20.4	92.5	72.9	13	2.2	25.8	1.4	8.1	2.2	12.2
CP73-1547	10.1	1.9	157.6	16.1	25.3	21.0	93.1	72.5	11	2.5	30.7	2.0	13.3	4.6	12.4

C. TRATAMIENTOS

CUADRO 2. TRATAMIENTOS, PRODUCTOS Y DOSIS UTILIZADOS EN LOS ENSAYOS.

DESCRIPCIÓN	TRATAMIENTO	PRODUCTO	INGREDIENTE ACTIVO	DOSIS l ha ⁻¹	Gr I.A. ha ⁻¹
Testigo absoluto	T3	---	---	---	---
Testigo comercial	T2	Optilux 48SL	etefón	1.43	686
Producto alternativo	T1	Optifull 72SL	etefón	0.95	684

l ha⁻¹: Litros por hectárea. I.A. ha⁻¹: Ingrediente activo por hectárea.

D. VARIABLES DE RESPUESTA

- Porcentaje de floración
- Porcentaje de corcho
- Toneladas de caña por hectárea (TCH)
- Toneladas de azúcar por hectárea (TAH)
- Rendimiento comercial de azúcar en kilogramos de azúcar por tonelada de caña (k az/tc)
- Altura de los tallos en metros
- Diámetro de tallos en milímetros

E. APLICACIÓN DE LOS INHIBIDORES DE LA FLORACIÓN.

La aplicación se realizó por medio de helicóptero, en las primeras horas de la mañana, tomando nota de realizar la aplicación cumpliendo con los estándares de eficiencia y calidad de las aplicaciones aéreas, los cuales incluyen; aplicar sin inversión térmica, humedad relativa arriba del

60%, velocidad Hasta 5 Km/hora en áreas sensibles o críticas, hasta 7 Km/hora en áreas normales y temperatura no mayor de los 32°C.

El helicóptero voló, cuando las condiciones lo permitieron a una altura de 17m con un ancho de faja de 18m y realizó 4 fajas por cada tratamiento. Es decir que el ancho de faja total por tratamiento fue de 72 metros

F. MUESTREOS.

Para la presente investigación se planificaron 7 fechas para realizar los muestreos de biometría, donde se midieron las variables de respuesta propuestas, los muestreos fueron distribuidos en los meses comprendidos entre agosto de 2018 y febrero de 2019 tomando en cuenta los períodos comprendidos entre agosto y diciembre para realizar los muestreos de biometría, floración y corcho y el período comprendido entre diciembre y febrero de 2019, los muestreos de TCH y TAH (Figura 5).

G. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN PARA LAS VARIABLES DE RESPUESTA.

1. ALTURA DE TALLO (M)

Se midió la altura de la planta desde la superficie del suelo a la última lígula visible, se midieron 15 plantas por cada unidad experimental.

2. DIÁMETRO (MM)

Se midió el diámetro en la parte media del tallo (tercio medio del tallo) y se realizó la medición por medio de un vernier. 15 plantas por cada unidad experimental.

3. MUESTREO DE FLORACIÓN

Se caminó de 15 a 20 m dentro del lote y se seleccionaron 12 tallos molederos, buscando el punto de quiebre natural para encontrar el meristemo apical y lograr visualizar el primordio y cuantificarlo como un porcentaje de acuerdo con los rangos establecidos por el Ingenio Madre Tierra.

4. MUESTREO DE CORCHO

Se escogieron 12 tallos molederos los cuales fueron cortados en trozos para observar el corcho luego serán cuantificados como un porcentaje de acuerdo con los rangos establecidos por el Ingenio Madre Tierra. Esta medición se realizó en los dos períodos de muestreo. Los tallos muestreados fueron, en la medida de lo posible, los mismos que en donde se realizaron las mediciones para determinar la proporción de floración.

5. RENDIMIENTO DE CAÑA (TCH)

La caña se cortó en maletas y fueron pesadas en el campo con una balanza digital, levantando la maleta de caña con personal de campo. A partir del peso de una muestra, se derivó el rendimiento de caña por hectárea

6. RENDIMIENTO DE AZÚCAR POR TONELADA DE CAÑA (KG TON⁻¹).

En el laboratorio de jugos del ingenio Madre Tierra se determinó la cantidad de aparente de azúcar en los tallos mediante el uso de un polarímetro a partir de una muestra de caña molida de 500 gramos.

7. RENDIMIENTO DE AZÚCAR POR HECTÁREA (TAH)

A partir del peso de una muestra, se derivó el rendimiento de caña por hectárea y éste se multiplicó por la proporción de azúcar estimada de la caña.

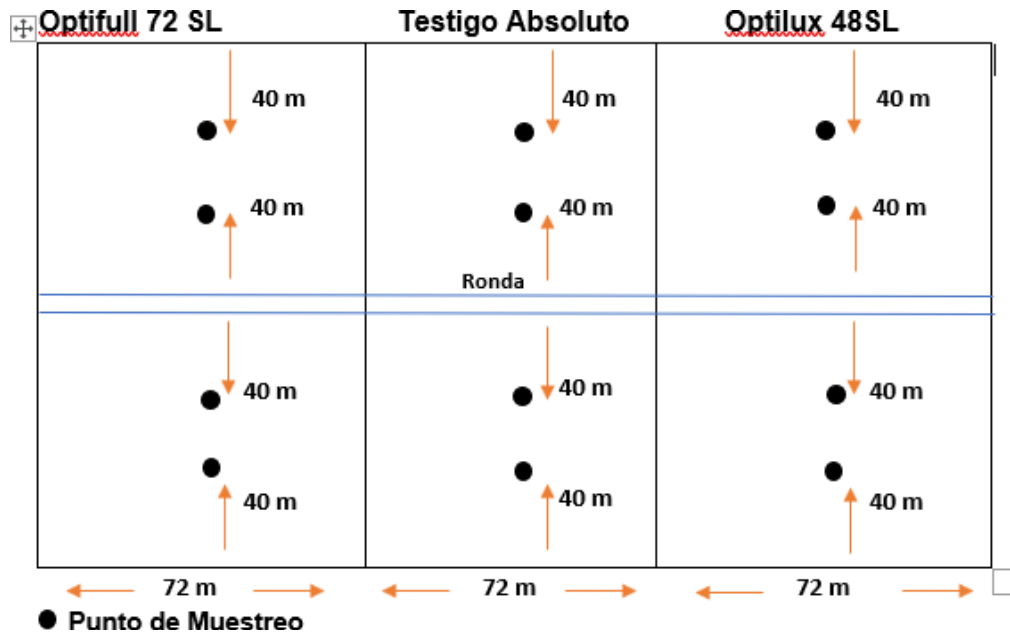


FIGURA 5. FORMA Y PUNTOS DE MUESTREO.

H. DISEÑO EXPERIMENTAL

Los experimentos fueron plantados en un sistema de bloques completos al azar. Si bien originalmente se planificó el análisis por pruebas de t, el arreglo final que el autor de la presente tesis y el personal de investigación de ingenio Madre Tierra establecieron, permitió no solo el análisis por pruebas de t sino también como un diseño experimental de bloques completos al azar.

Debido a que se plantaron dos experimentos con la variedad CP73-1547 y uno con la variedad CP72-2086, los análisis se hicieron diferenciales según la variedad, ya que no se contaba con las dos variedades en cada uno de los experimentos.

Los experimentos plantados con la variedad CP73-1547 se analizaron en un Diseño combinado por localidades de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y tres tratamientos. Si bien la cantidad de grados de libertad fueron relativamente bajos, se establecieron buenos niveles de ajuste del modelo lineal indicado, los cuales permitieron el análisis de varianza para los tres experimentos.

El modelo lineal que se empleó en el experimento donde solo se consideró a la variedad CP73-1547 fue:

$$y_{ijk} = \mu + \gamma_i + \beta_j + \tau_k + \gamma\beta_{ij} + \gamma\tau_{ik} + \beta\tau_{jk} + \gamma\beta\tau_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde,

y_{ijk} = La respuesta del k - ésimo tratamiento en la j - ésima repetición en la i - ésima localidad

μ = El efecto de la media general

γ_i = El efecto de la i - ésima localidad, $i = 1, 2$

β_j = El efecto de la j - ésima repetición, $j = 1, 2, 3, 4$

τ_k = La respuesta del k - ésimo tratamiento, $k = 1, 2, 3$

El resto de los elementos en el modelo corresponden a las interacciones entre las localidades y las repeticiones ($\gamma\beta_{ij}$), las repeticiones con los tratamientos ($\gamma\tau_{ik}$) y las localidades con las localidades y los tratamientos ($\gamma\beta\tau_{ijk}$), respectivamente. El error experimental se denota como ε_{ijk} .

El modelo lineal para el experimento donde se incluyó a la variedad de caña de azúcar CP72-2086 siguió el siguiente modelo:

$$y_{ijk} = \mu + \beta_j + \tau_k + \beta\tau_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

y_{ijk} = La respuesta del k - ésimo tratamiento en la j - ésima repetición

μ = El efecto de la media general

β_j = El efecto de la j - ésima repetición, $j = 1, 2, 3, 4$

τ_k = La respuesta del k - ésimo tratamiento, $k = 1, 2, 3$

$\beta\tau_{jk}$ = El efecto de la interacción del k - ésimo tratamiento en la j - ésima repetición

ε_{ijk} = El error experimental

Para los análisis de comparaciones por pruebas de "t" (Steel y Torrie, 1986) se siguió el siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde Y es la variable de respuesta, donde $i = 1, 2$. Para $i=1$, entonces $j=1, \dots, n_1$ y para $i=2$, entonces $j=1, \dots, n_2$. τ Corresponde a la letra griega tau y denota los tratamientos en evaluación. En total se realizaron tres comparaciones, de acuerdo con el número de tratamientos a evaluar. En este caso cuatro tratamientos. Las comparaciones respectivas fueron: T1 vs T2, T1 vs T3 y T2 vs T3. Cada una de estas comparaciones se realizó para cada una de las variables de respuesta.

I. UNIDAD EXPERIMENTAL

En Finca Madre Tierra lote 0011701 tuvo un ancho de 72 m y el largo fue de 340 m para un total de 24,480 m² por cada tratamiento. (Figura 2)

En Finca Cañaverales del sur lote 0011701 tuvo un ancho de 72 m y el largo fue de 412 m de ancho para un total de 29,664 m² por cada tratamiento. (Figura 3)

En Finca La Bendición lotes 0670103,0670104 y 0670105 tuvo un ancho de 72 m y el largo fue de 828 m para un total de 59,616 m² por cada tratamiento. (Figura 4)

J. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

- Análisis de medidas de tendencia central univariada.
- Análisis de correlación entre las variables de desempeño fenotípico (variables de respuesta) (Steel y Torrie, 1986).
- Si bien se contó con un diseño de parcelas apareadas, se realizaron comparaciones de medias muestrales considerando que las muestras son independientes y de varianzas iguales. Se practicaron separación de promedios por la Diferencia mínima significativa de Fisher (LSD) sin ningún tipo de ajuste. Adicionalmente se realizó una valoración estadística de las diferencias de las medias muestrales, esto se realizó mediante una prueba de “t” (Steel & Torrie, 1986.)
- Prueba de Friedman (Steel y Torrie, 1985) para el análisis de la variable “Corcho”.
- Todos los análisis se realizaron mediante el uso del programa para análisis estadísticos R (R Core Team, 2019)

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 3 se presentan los resultados de las medidas de tendencia central para las siete variables que fueron sujetas de análisis, se presenta el código que se indicó en la sección de materiales y métodos para las variables de respuesta.

CUADRO 3. RESULTADOS DE LAS MEDIDAS DE TENDENCIA DE LAS VARIABLES SUJETAS A ANÁLISIS

	floración	altura	diámetro	Brix	TCH	K azúcar/tc	TAH
observaciones	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0
Min	0.0	2.1	2.4	17.9	68.0	106.8	8.1
Max	65.0	3.6	2.8	22.3	156.0	132.7	18.1
Rango	65.0	1.5	0.4	4.3	88.0	25.9	10.0
Suma	543.7	97.9	94.1	709.8	4014.4	4323.8	482.8
Mediana	7.7	2.7	2.6	19.7	109.7	118.8	13.8
Media	15.1	2.7	2.6	19.7	111.5	120.1	13.4
EE	3.2	0.1	0.0	0.2	3.6	1.2	0.5
VAR	357.4	0.1	0.0	1.1	468.6	50.9	7.5
DE	18.9	0.3	0.1	1.1	21.6	7.1	2.7
CV	1.3	0.1	0.0	0.1	0.2	0.1	0.2

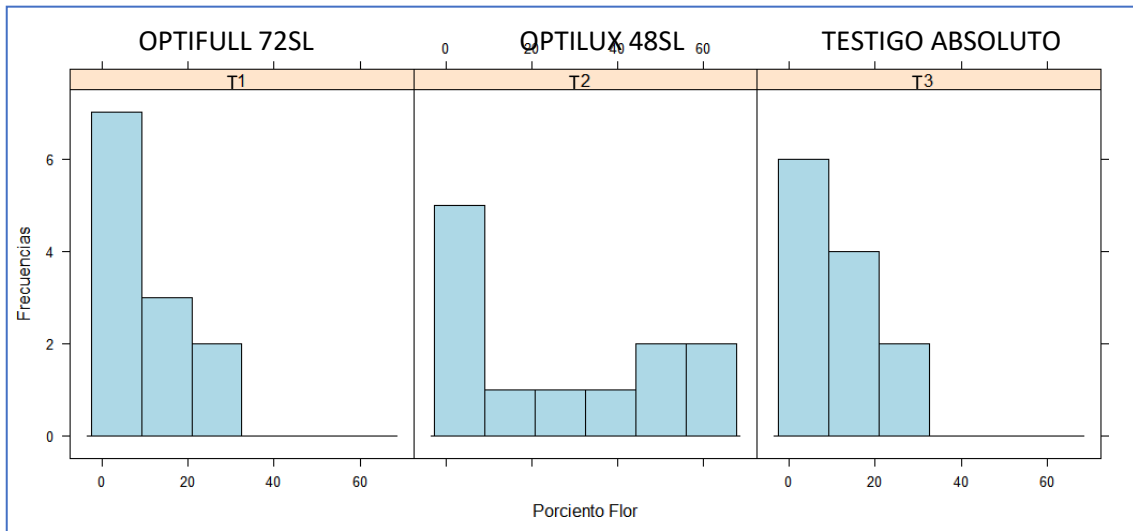
Min=Valor mínimo, Max=valor máximo, EE=Error Estándar, VAR= Varianza, DE=Desviación Estándar, CV=Coeficiente de Variación

En este cuadro se observa que total de observaciones para los dos experimentos fue de 36. En este cuadro se incluyen los registros de los tres experimentos. Se aprecia que los coeficientes de variación (CV) son bajos, lo que fue un valor empleado para tomar la decisión de además de las pruebas de "t", también se realizarán análisis de varianza. La variable con el más amplio rango y CV fue la de floración, ya que se registraron valores desde cero hasta 65% de floración. Por otro lado, los valores de desviación estándar se presentan relativamente bajos y eso ayuda a realizar derivaciones más consistentes en los análisis que siguen adelante.

Las frecuencias (número) de plantas florecidas en términos de las lecturas realizadas pueden observarse más claramente en la Figura 6. En esta figura se aprecia que las mayores frecuencias de plantas corresponden con aquellas que no florecieron (0% floración). Los datos que se presentan en esta figura están separados por tratamientos.

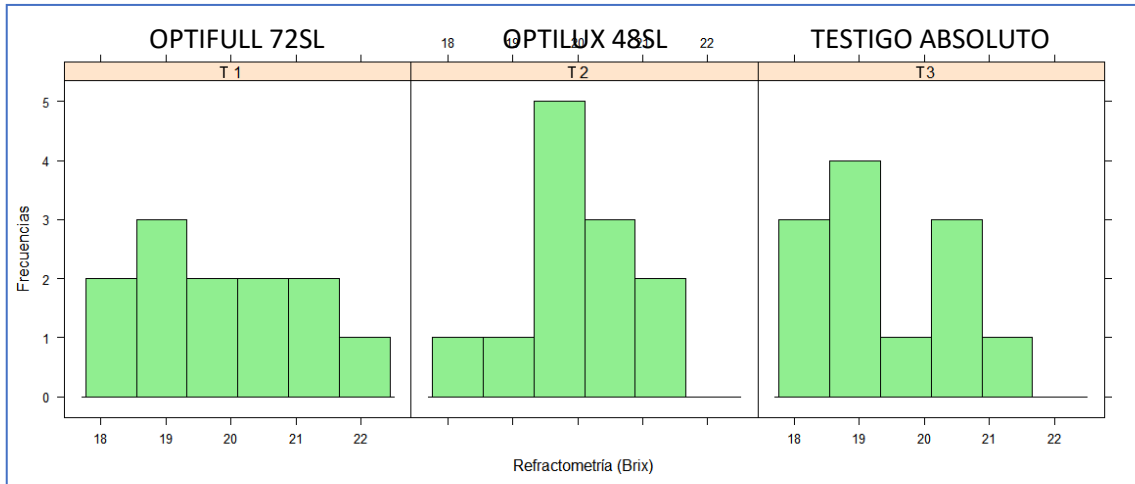
Las frecuencias (número) de plantas florecidas en términos de las lecturas realizadas pueden observarse más claramente en la Fig. 6 En esta figura se aprecia que las mayores frecuencias de plantas corresponden con aquellas que no florecieron (0% floración). Los datos que se presentan en esta figura están separados por tratamientos.

FIGURA 6. FRECUENCIAS DE PLANTAS SEGÚN SUS VALORES DE FLORACIÓN EN PORCENTAJE.



La Figura 7 presenta los valores de frecuencias según los valores de refractometría. Se aprecia que en el tratamiento 1, los valores son más uniformes que los que se aprecian en los tratamientos 2 y 3, en donde se observan mayor variabilidad. En este sentido puede seguirse que es aparentemente el tratamiento 1 (Optifull) permite indirectamente un mayor nivel de maduración uniforme en las plantas de caña de azúcar, de lo que puede ocurrir naturalmente (tratamiento 3, testigo) o con la aplicación de Optilux.

FIGURA 7. FRECUENCIAS DE PLANTAS SEGÚN SUS VALORES DE REFRACTOMETRÍA (BRIX).



A. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN.

Un análisis de regresión reflejó el patrón de correlación entre las diferentes variables de respuesta. Un resumen de este análisis se presenta en el Cuadro 4.

CUADRO 4. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN. LOS ÍNDICES DE CORRELACIÓN (R) SE PRESENTAN SOBRE LA DIAGONAL. LAS SIGNIFICANCIAS SE PRESENTAN BAJO LA DIAGONAL.

	alt	Floración	diámetro	brix	TCH	K azúcar/tc	TAH
Alt		0.31	0.42	-0.21	0.13	-0.28	0.05
Floración	0.07		0.08	0.01	0.35	0.05	0.35
Diam	0.01	0.66		0.05	0.07	0.01	0.08
Brix	0.22	0.97	0.78		0.04	0.88	0.28
TCH	0.46	0.04	0.70	0.81		0.10	0.96
K azúcar/tm	0.09	0.78	0.97	0.00	0.58		0.37
TAH	0.77	0.04	0.66	0.10	0.00	0.03	

El valor de correlación más significativo fue el de la asociación entre los valores de Brix y los de k az/tc ($r=0.88$, $\text{Prob}<0.0001$). En este sentido se observa que la variable Brix es un buen predictivo del rendimiento (K azúcar/tc). Lo anterior es de mucha utilidad puesto que una medición relativamente rápida de Brix puede dar un valor cercano del rendimiento industrial de azúcar. La correlación entre TAH y TCH es alta ($r=0.96$, $\text{Prob}<0.0001$), sin embargo, no es de tanta utilidad ya que el TAH es derivado del TCH y el rendimiento, por lo que es razonable el alto valor de correlación.

El resto de las variables no muestran valores que sean de algún valor discutir. Podría esperarse que los valores de floración se relacionaran con el azúcar, pero en realidad se asocian más con la acumulación de biomasa. ($r=0.35$, $\text{Prob}=0.04$). En este sentido se sigue que, si bien la relación es baja, un valor alto de floración está relacionado con valores altos de TCH, lo cual no necesariamente indica jugo, sino más bien materia seca.

B. ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA)

Los análisis de varianza realizados, según los modelos lineales presentados arriba se presentan a continuación.

1. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL EXPERIMENTO CON LA VARIEDAD CP72-2086

En el cuadro 5 se presenta un resumen de los diferentes análisis de varianza realizados para este experimento. El total de los resultados de análisis se presentan en el Anexo A. Se presenta un resumen para la fuente de variación de más relevancia para nuestro estudio, Tratamientos (TRT). La información para el resto de fuentes de variación se pueden observar en el Anexo A.

CUADRO 5. RESUMEN DE LOS ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA FUENTE DE VARIANZA TRATAMIENTO (TRT) CON 2 GRADOS DE LIBERTAD PARA SIETE VARIABLES EN EL EXPERIMENTO CON LA VARIEDAD CP72-2086.

VARIABLE	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Cuadrado medio del error	F	Pr(>F)	SIGNIFICANCIA
ALTURA	0.04667	0.02333	0.03200	0.729	0.521	NS
FLORACIÓN (%)	4279	2139.6	42.9	49.854	0.000183	***
DIAMETRO	0.00500	0.00250	0.00666	0.375	0.702	NS
BRIX	0.195	0.0977	0.8522	0.115	0.894	NS
TCH	1272.7	636.3	176.4	3.607	0.0936	.
K azúcar/tc	4.70	2.35	25.54	0.092	0.9133	NS
TAH	18.087	9.043	2.10	4.307	0.0692	.

F= Valor de "F", Pr(>F)=probabilidad de encontrar un valor mayor de F.

Códigos para la significación estadística: 0.001= '***'; 0.01='**'; 0.05='*'; 0.10='.'; NS=No significativo

Que la única variable que presentó un valor alto de significación estadística fue la variable Floración (%). Los resultados de las diferencias entre los niveles de este factor se presentan en la figura 8. Otras variables que presentaron cierto valor de diferenciación (0.1, ".") fueron el TCH y el TAH. Debido a que el TAH es derivado del TCH, principalmente, solamente se presentan las diferencias entre los niveles de la fuente de variación Tratamientos (trt) para la variable TAH.

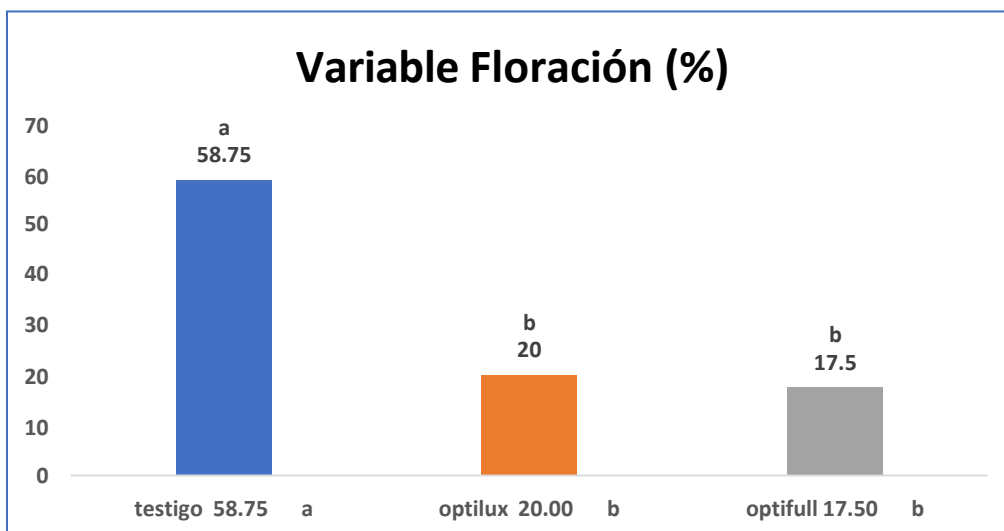


FIGURA 8. DIFERENCIAS POR LSD (LETRAS A, B Y C) ENTRE TRATAMIENTOS DE ETEFÓN. (LSD=11.335) PARA LOS VALORES PROMEDIO DE LA VARIABLE FLORACIÓN (%).

Se aprecia que los valores de floración están más asociados con el testigo, el cual produjo hasta casi un 59% de floración, en comparación con los tratamientos de inhibidores. Esto podría estar relacionado una mayor proporción de biomasa en términos de jugo y no tanto de materia seca. En este sentido, se aprecia que el valor reducción de la floración no se vio reflejada en una mayor producción de azúcar (TAH), según se aprecia en la siguiente figura.

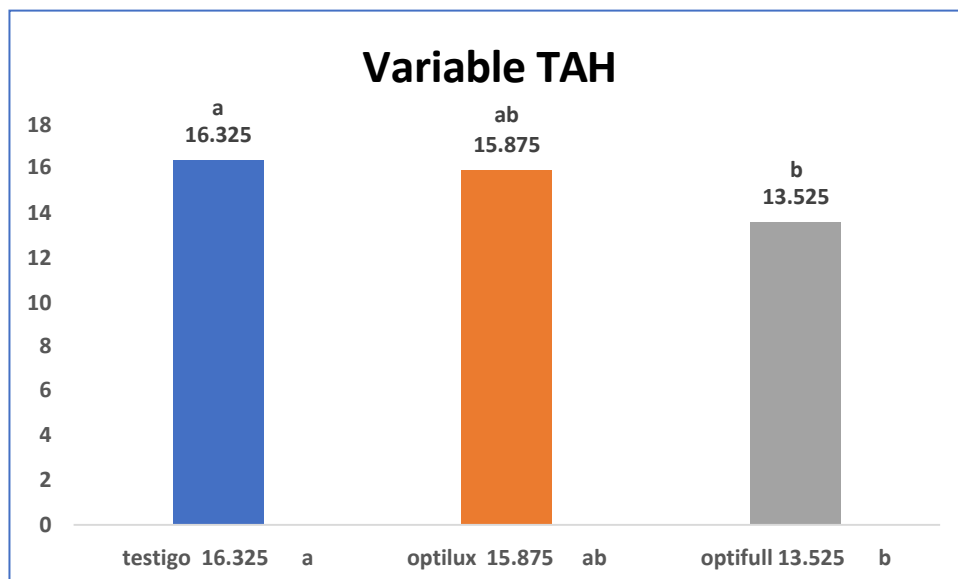


FIGURA 9. DIFERENCIAS POR LSD (LETRAS A Y B) ENTRE TRATAMIENTOS DE ETEFÓN, PARA LOS VALORES PROMEDIO PARA LA VARIABLE TAH. (LSD=2.507)

En la figura precedente (Figura 9) se distingue que tanto el testigo como Optilux entregaron producciones de Azúcar similares. La cantidad de azúcar provista por el testigo es significativamente superior a la que presenta Optifull. En este sentido, para la variedad CP72-2086 Optilux pudiera ser una mejor opción de inhibición de la floración. Si bien no hay diferencias en esta variable con respecto al testigo, puede seguirse que su uso ofrece mejores posibilidades. La similitud entre Optilux y Optifull y su relación versus el testigo, pueden deberse a los patrones de distribución de la variable y a que posiblemente las unidades experimentales son relativamente pocas. En todo caso, es importante señalar que el tamaño de las unidades experimentales es tal, que incrementar el número de éstas sería impráctico y oneroso, por lo que estos resultados pueden dar un buen indicio del efecto del uso de Optilux u Optifull como inhibidor de la floración.

2. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LOS EXPERIMENTOS CON LA VARIEDAD CP73-1547.

El valor promedio de floración en la variedad CP73-1547 fue relativamente bajo (6.61%) en contraposición de lo que presentó la variedad CP72-2086 (32.83%). En este sentido es de esperarse que las comparaciones entre los tratamientos para las diferentes variables no ofrezcan más información sobre el uso de inhibidores de la floración en la variedad CP73-1547. En el cuadro 6. Se observan los estadígrafos para la fuente de variación tratamiento (trt) para las diferentes variables de respuesta. En estos análisis se aprecia que, aunque el promedio de floración para esta variedad

fue mayor, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para cada una de las variables estudiadas (Cuadro 6). En el Cuadro 6 se presenta un resumen los análisis de varianza realizados. En este cuadro se presentan solamente los estadísticos para la fuente de variación de mayor relevancia que es “Tratamiento” (TRT). El resto de las fuentes de variación y sus estadísticos se presentan en el Anexo A para la variedad CP73-1547 y Anexo B para la variedad CP72-2086.

CUADRO 6. RESUMEN DE LOS ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA FUENTE DE VARIANZA TRATAMIENTO (TRT) CON 2 GRADOS DE LIBERTAD PARA SIETE VARIABLES EN EL EXPERIMENTO CON LA VARIEDAD CP73-1547.

VARIABLE	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Cuadrado medio del error	F	Pr(>F)	SIGNIFICANCIA
ALTURA	0.0700	0.0350	0.0542	0.645	0.542	NS
FLORACIÓN (%)	52.1	26.0	11.1	0.206	0.817	NS
DIÁMETRO	0.06583	0.0329	0.0076	4.247	0.040	*
3BRIX	3.804	1.9018	1.1701	1.625	0.237	NS
TCH	156	78	165	0.474	0.634	NS
K azúcar/tc	124.8	62.40	56.78	1.099	0.365	NS
TAH	0.61	0.31	3.74	0.082	0.922	NA

F= Valor de “F”, Pr(>F)=probabilidad de encontrar un valor mayor de F.
 Códigos para la significación estadística: 0.001= ‘***’; 0.01= ‘**’; 0.05= ‘*’; 0.10= ‘.’; NS=No significativo

Se observa que para todas las variables no se encontró ningún efecto de los tratamientos en evaluación excepto para la variable diámetro (diam) (F=4.247, Prob(>f)= 0.040, *) la cual presentó una diferencia al 5% de probabilidad. Las separaciones de los promedios se presentan en la “Figura 10”.

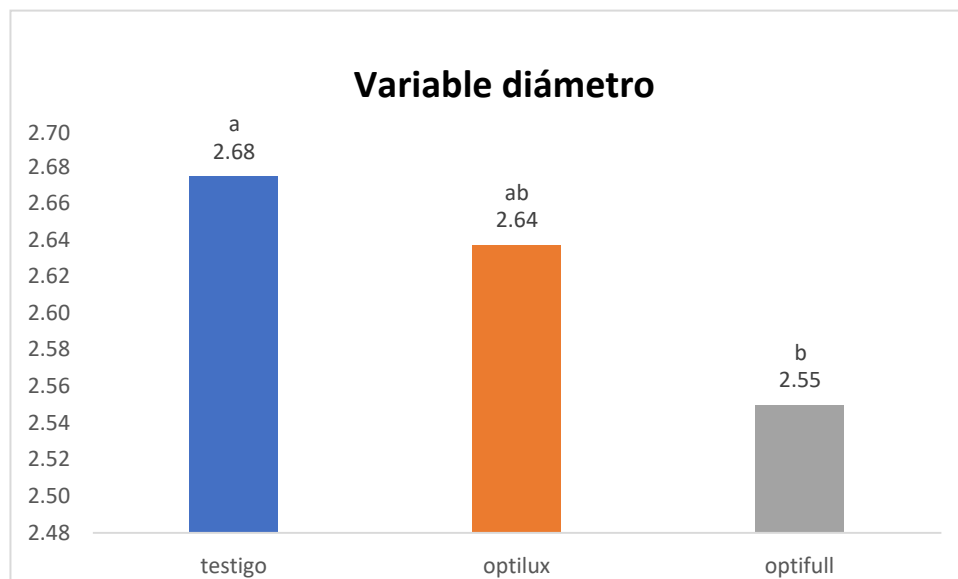


FIGURA 10. DIFERENCIAS POR LSD (LETRAS A Y B) ENTRE TRATAMIENTOS DE ETEFÓN, PARA LOS VALORES PROMEDIO DE LA VARIABLE DIAMETRO EN LOS EXPERIMENTOS CON LA VARIEDAD CP73-1547. (LSD=0.096)

El patrón de tendencias es similar a lo que se presentó en los apartados anteriores. Se aprecia que Optifull tiende a reducir significativamente el diámetro de los tallos, si bien esta diferencia es solo significativa con respecto al testigo. Lo anterior no se ve reflejado finalmente en las variables de biomasa (TCH) y de azúcar (TAH). Sin embargo, es notorio que el uso de Optifull tiende a reducir el desempeño de las plantas de caña en términos de su crecimiento y eventualmente de su productividad, por lo que su uso puede no ser benéfico. En este sentido, los resultados mostrados hasta aquí indican que el uso de inhibidor en la variedad CP73-1547, en las condiciones en las que se llevaron a cabo los experimentos, no mostraron un nivel importante de control de la flor, ya que ésta no se presentó naturalmente, por lo que las bondades de su uso o no, no pudieron ser demostradas.

Por otro lado, existe cierta evidencia que indica que el uso de inhibidores, según se observó en este trabajo, puede ser de utilidad en la variedad CP72-2086.

C. PRUEBAS DE “T” SOBRE COMPARACIONES DE PROMEDIOS SEGÚN CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS POR VARIEDAD.

Originalmente, se propuso el uso de pruebas de “t” para establecer diferencias entre los tratamientos propuestos por parte del Ingenio Madre Tierra. Si bien se alcanza un buen nivel de discusión mediante el uso de análisis de varianza.

Un resumen de las pruebas de “t” más sobresalientes, por variedad se presentan en el Cuadro 7. Se presentan únicamente las comparaciones que presentaron significación estadística. El resto de las comparaciones, pueden observarse en el Anexo 1.

CUADRO 7. COMPARACIONES PAREADAS SELECCIONADAS DE “T” DE TRATAMIENTOS POR VARIEDAD PARA DIFERENTES VARIABLES DE RESPUESTA.

variedad	COMPARACIÓN	variable	media 1er grupo	media 2do grupo	t	DF	p-value	Significación
CP72-2086	Optilux vs testigo	floración %	20.0	58.8	-8.19	5	0.0005	***
CP72-2086	Optifull vs testigo	floración %	17.5	58.8	-8.34	5	0.0006	***
CP72-2086	Optifull vs Optilux	TAH	13.5	15.9	-1.34	5	0.2357	NS
CP72-2086	Optifull vs testigo	TAH	13.5	16.3	-1.81	4	0.1490	NS
CP73-1547	Optilux vs testigo	BRIX %	19.2	20.1	-1.91	12	0.0806	.
CP73-1547	Optilux vs testigo	k_azúcar/tc	116.9	121.9	-1.33	14	0.2037	NS
CP73-1547	Optifull vs Optilux	Diámetro cm	2.6	2.6	-1.40	13	0.1848	NS
CP73-1547	Optifull vs Optilux	BRIX %	19.3	19.2	1.36	11	0.2029	NS
CP73-1547	Optifull vs Optilux	k_azúcar/tc	121.4	116.9	1.20	14	0.2515	NS
CP73-1547	Optifull vs testigo	Diámetro cm	2.6	2.7	-2.55	14	0.0238	*

Códigos para la significación estadística: 0.001=“***”; 0.01=“**”; 0.05=“*”; 0.10=“.”; NS=No significativo

Se alcanza a observar en el Cuadro 7 que, en general, las diferencias son relativamente escasas y estas se presentan entre los valores del testigo y los otros dos tratamientos en la variable de porcentaje de floración (Floración%). Para las variables relacionadas con la concentración de azúcar se aprecia que el testigo sin tratamiento acumula más azúcar que el resto de los materiales. Esto puede deberse a que la inhibición de la floración permitió un mayor crecimiento y la consecuente menor pérdida de agua por lo que las concentraciones de azúcar en estos tratamientos son menores. En este sentido, también es posible que la extracción de jugo de estos tratamientos sea mayor, ya que sus valores contenidos de agua pueden ser superiores. Debido a que no se cuenta con información relacionada, esta puede ser un nuevo punto de estudio que permita una mejor explicación de los hallazgos del presente trabajo.

Los resultados obtenidos con las pruebas de “t” están en concordancia con los hallazgos obtenidos mediante los análisis de varianza, por lo que ambos pueden considerarse válidos y correspondientes. Por tanto, las derivaciones que se obtengan a partir de estos dos grupos de análisis son relativamente las mismas.

D. CORCHO

La formación de flores suele ser el indicativo para que las plantas de caña de azúcar detengan su crecimiento y empiece así su fase de decadencia, la cual se distingue por la pérdida de agua, principalmente en los entrenudos superiores de la planta. El resultado de la pérdida de agua

es la desecación de los tejidos internos de la caña de azúcar, lo cual es conocido como “corcho”. Se espera que una mayor producción de flores esté relacionada con valores más altos de corcho. En el presente trabajo, se obtuvo lecturas de corcho solamente en la finca “Valle Verde” en la variedad CP73-1547. Las lecturas de corcho para el resto de los sitios fueron de cero.

En el ingenio Madre Tierra, las lecturas se realizan en términos de frecuencias sobre la presencia de corcho en valores de 25%, 50%, 75% y 100%. Es decir, se establece primero la incidencia de corcho del 25% (25% de una caña está afectada por corcho), luego de 50% y así sucesivamente. Luego se cuentan cuántas cañas (frecuencia) corresponden para cada una de las cuatro categorías. Este procedimiento complica la evaluación de la variable en términos de estadística paramétrica. Debido a que se cuenta con frecuencias de afección de corcho para cuatro categorías, cada categoría se consideró una variable de respuesta en términos de cada uno de los tratamientos, cada grupo se repitió cuatro veces.

Para analizar estos valores se recurrió a una prueba de Friedman para la clasificación de dos vías (tratamientos y repeticiones), el cual se ajusta convenientemente a diseños experimentales de dos vías, como es el caso de un experimento en Bloques Completos al Azar (Steel y Torrie, 1985).

Las distribuciones de las lecturas se presentan en las figuras siguientes (Fig. 11, Fig. 12).

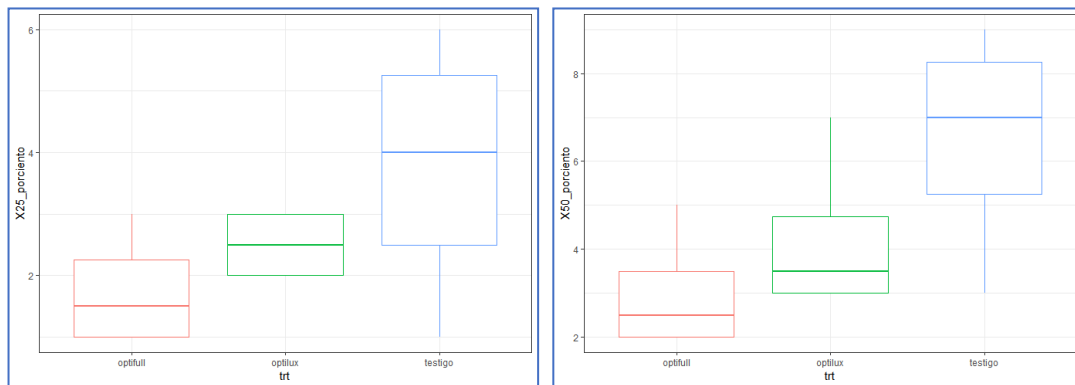


FIGURA 11. GRÁFICA DE CAJAS DE DISTRIBUCIÓN DE LAS FRECUENCIAS DE LECTURAS DE CORCHO DE 25% Y 50% POR TRATAMIENTO.

Se aprecia en la figura anterior que, el tratamiento del testigo es el que presenta los valores más altos de proporción de corcho, si bien las frecuencias son relativamente bajas. El tratamiento con menor cantidad de tallos con corcho en un 25% y 50% es el tratamiento Optifull.

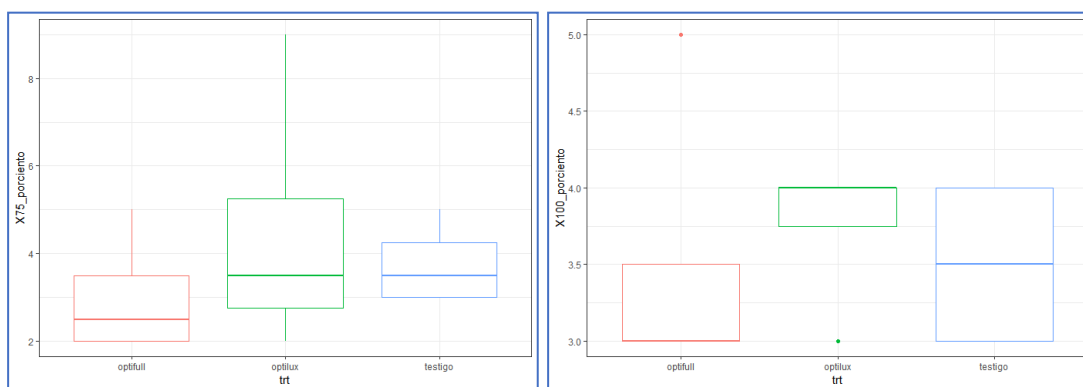


FIGURA 12. GRÁFICA DE CAJAS DE DISTRIBUCIÓN DE LAS FRECUENCIAS DE LECTURAS DE CORCHO DE 50% Y 100% POR TRATAMIENTO.

Las lecturas sobre frecuencias de individuos con 75 y 100 por ciento de corcho son relativamente bajas y no presentan un patrón que indique que alguno de los tratamientos presenta mayores valores con respecto a los otros dos tratamientos.

Para establecer con mayor precisión este alcance, se presenta en el cuadro 8. Un resumen con los estadísticos obtenidos con la prueba de Friedman.

CUADRO 8. ESTADÍSTICOS PARA LA PRUEBA DE FRIEDMAN PARA LA EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS SOBRE LA VARIABLE FRECUENCIAS TALLOS CON CORCHO EN 25%, 50%, 75% Y 100%. TODAS LAS COMPARACIONES CON 2 GRADOS DE LIBERTAD.

variable	χ^2 (ji cuadrado)	p-value	Significación
corcho 25%	2.286	0.3189	NS
corcho 50%	1.733	0.4204	NS
corcho 75%	0.615	0.7351	NS
corcho 100%	0.667	0.7165	NS

Si bien se observaron en las figuras 11 Y 12, algunas tendencias que indicaban que el testigo presentaba más altas frecuencias con tallos con corcho al 25% y 50%, y prácticamente no diferencias para las otras dos variables (75% y 100%), la prueba de Friedman no identificó diferencias estadísticas para cada una de las cuatro variables (porcentajes de floración). Esto indica que las diferencias encontradas pueden deberse más al azar o bien que estas no son de tal magnitud que establezcan que el testigo presenta significativamente más tallos con corcho, particularmente con el 25% y el 50% de corcho.

VII. CONCLUSIONES

1. En general, a excepción de la correlación entre el Brix con Kg azúcar/tc, no se encontraron relaciones con significación estadística para las variables estudiadas.
2. Para la variedad CP72-2086 se encontraron diferencias estadísticas solamente para la variable floración. En esta se determinó que el testigo sin aplicación presentó significativamente más porcentaje de floración que los otros dos tratamientos, los cuales no presentaron diferencias estadísticas entre sí.
3. Para la variable TAH, en la variedad CP72-2086 se presentaron diferencias estadísticas únicamente entre el testigo y el tratamiento Optifull. Estadísticamente el tratamiento Optilux es similar tanto al testigo como a Optifull.
4. Para variedad CP73-1547, se encontró diferencias estadísticas únicamente para la variable Diámetro. El resto de variables no presentaron diferencias con respecto a los tratamientos en evaluación. Una vez más, el testigo presentó un mayor valor que los tratamientos con etefón. Por lo que es razonable pensar que la aplicación de etefón en sus dos presentaciones tiende a reducir el vigor de las plantas, si bien disminuye también las tasas de floración.
5. Las pruebas de t confirmaron que las principales diferencias entre los tratamientos fueron debido a la mayor tasa de floración en el testigo y una mayor concentración de azúcar según el Brix, en el testigo con respecto a Optilux y Optifull. Una tendencia similar se obtuvo para la variable K_azúcar/tc.
6. Si bien se presentan diferencias en términos de mayores lecturas de frecuencias de tallos con corcho (25% y 50%) en el testigo con respecto a los dos tratamientos con etefón, estas diferencias resultaron ser no significativas estadísticamente, según la prueba de Friedman.
7. En el presente trabajo se determinó que la aplicación de etefón (Optilux y Optifull) reduce significativamente las tasas de floración, particularmente en la variedad CP72-2086. No pareció tener efecto en la variedad CP73-1547.
8. Según lo observado en el presente trabajo, la reducción de la floración con etefón, tanto en su presentación de Optilux u Optifull, no parece inducir un efecto positivo en la producción de biomasa o azúcar.
9. En general, Optilux presentó mejores resultados que Optifull. Este último, según los análisis realizados, tiende a reducir más el desarrollo de las plantas, particularmente en el diámetro. En este sentido se sigue que Optifull 72SL no es más eficaz en el control de la floración de la caña de azúcar comparado con Optilux 48SL.
10. Debido a lo encontrado en el presente trabajo, no se cuenta con suficiente evidencia que imponga la realización de un estudio financiero, puesto que, si se decide aplicar Etefón, es prudente seleccionar a Optilux.

VIII. RECOMENDACIONES.

1. Utilizar la información sobre los hallazgos del presente trabajo para que sirva de elemento sobre la selección de uno de los dos productos evaluados como inhibidor de la floración, o bien la decisión de prescindir de inhibidor de la floración.
2. Hacer mediciones más exhaustivas y ampliadas sobre la acumulación de biomasa y la concentración de azúcar luego de la aplicación de Etefón como inhibidor para mejor establecer las ventajas que supone el uso de dicho producto.
3. Utilizar la información del presente trabajo como insumo para la realización de trabajos similares o bien para la formulación de nuevas líneas de investigación.
4. Utilizar la información del presente trabajo como elementos para la toma de decisiones sobre el uso de Optilux u Optifull. Según lo observado, Optifull 72SL no es una mejor opción a empleo de Optilux 48SL.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Castillo, R., & Silva, E. (Octubre de 2004). *Fisiología, Floración y Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Ecuador*. Ecuador.

CENGICAÑA. (2011-2018). Base de datos de productividad de la agroindustria azucarera guatemalteca. Guatemala. Retrieved september 25, 2018, from <https://cengicana.org/usodeingenios>

Chaves, M. (Abril de 2017). *Floración en la caña de azúcar*. Costa Rica.

CIMMYT. (1988). *La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica*. México D.F.: CIMMYT.

CENGICAÑA. (2014). *El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala*. (M. Melgar, A. Meneses, H. Orozco, O. Pérez, & R. y Espinosa, Edits.) Guatemala.

Quemé, J. L., Orozco, H., Castro, O., Buc, R., Salazar, A., Ralda, G., . . . Cerón, C. (2012). COMPORTAMIENTO DE LA FLORACIÓN Y OTRAS VARIABLES EN DIFERENTES ESTRATOS Y ZAFRAS DE LA ZONA CAÑERA DE GUATEMALA. In A. Meneses, M. Melgar, H. Orozco, O. Pérez, & R. Espinosa (Ed.), *Memoria Presentación de Resultados de Investigación Zafra 2011-2012*, (pp. 87-99).

Steel, R. G., & Torrie, J. H. (1986.). *Bioestadística: Principios y Procedimientos* (2 ed.). (R. Martínez, Trad.) México: McGraw-Hill.

Villatoro, B., & Meneses, A. (2013). Manejo Agronómico por Ambiente (MAPA), Enfoque Para Aumentar la Productividad de la Agroindustria Azucarera de Guatemala. In M. Melgar, A. Meneses, H. Orozco, & O. Pérez (Eds.), *Memoria. Presentación de Resultados de Investigación. Zafra 2012-2013* (pp. 336-348).

BANCO DE GUATEMALA. (2015). *Guatemala en Cifras*. Banco de Guatemala. Guatemala. 71 p.

Amaya Estévez, A., H. Cock, J., del Pilar Hernández, A., & E. Irvine, J. (1995). El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. En CENICAÑA. Cali.

Díaz Montejo, L. L., & Portocarrero Rivera, E. T. (2002). *Manual de Producción de Caña de Azúcar (Saccharum officinarum L.)*. Honduras.

Marrero, P., Peralta, H., Pérez, S., Borroto, J., & Blanco, M. d. (2004). *EFFECTO DE APLICACIONES EXÓGENAS DEL ETHREL-480*. Cuba.

Arrivillaga, J. (1998). Floración de la caña de azúcar. *Revista ATAGUA*, 5:7-16.

- Caraballosa, V., Garcia, Y., Jorge, H., & Norge, B. (2011). Influencia del ambiente en la floración de la caña de azucar (*saccharum spp.*). *Agrotecnia de Cuba*, 12-15.
- Castillo, R., & Silva, E. (Octubre de 2004). Fisiología, Floración y Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Ecuador. Ecuador.
- Castro, P. (2016). Fisiología aplicada à cana-de-açúcar. *STAB-Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, Regional Sul.*, 208.
- CENGICAÑA. (2011-2018). Base de datos de productividad de la agroindustria azucarera guatemalteca. Guatemala. Retrieved september 25, 2018, from <https://cengicana.org/usodeingenios>
- CENGICAÑA. (2014). *El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala*. (M. Melgar, A. Meneses, H. Orozco, O. Pérez, & R. y Espinosa, Edits.) Guatemala.
- Chaves, M. (Abril de 2017). Floración en la caña de azúcar. Costa Rica.
- CIMMYT. (1988). *La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica*. México D.F.: CIMMYT.
- CONADESUCA. (2015). *FICHA TÉCNICA DEL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (Saccharum officinarum L.)*. Mexico.
- Humbert, R. (1974). *El cultivo de la caña de azúcar*. Traducción de Alfonso González Gallardo. Mexico.: Compañía Editorial Continental.
- Lee, T. e. (1985). Controle de florescimento da cana-de-açúcar através do emprego de produtos químicos. *açúcar, álcool e subprodutos, v.3, n.3.*, 17-21.
- Maestro de Lotes. (2018). Escuintla, Guatemala: Departamento de Planeación y Logística.
- Moore, P. (1974). Investigations on the flowering of *Saccharum* II. number of spindle leaves and date of induction. *South Africa, Hayne & Gibson*, 7–16.
- Moore, P., & Berding, N. (2014). Flowering. In. *Sugarcane: Physiology, Biochemistry and Functional Biology* / edited by Paul H. Moore, Frederick C. Botha. 379-410.
- Publireportaje. (7 de Septiembre de 2011). El control químico en la inhibición de la floración de la caña de azúcar. Mexico.
- Quemé, J. L., Orozco, H., Castro, O., Buc, R., Salazar, A., Ralda, G., . . . Cerón, C. (2012). COMPORTAMIENTO DE LA FLORACIÓN Y OTRAS VARIABLES EN DIFERENTES ESTRATOS Y ZAFRAS DE LA ZONA CAÑERA DE GUATEMALA. In A. Meneses, M. Melgar, H. Orozco, O. Pérez, & R. Espinosa (Ed.), *Memoria Presentación de Resultados de Investigación Zafra 2011-2012*, (pp. 87-99).

- R Core Team. (2019). R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria.
Retrieved from R Foundation for Statistical Computing: <https://www.R-project.org/>
- R., A., Lima Silva, F., & Orika Ono, E. (2010). Florescimento em cana-de-açúcar. *Ciência Rural, Santa Maria, v.40, n.3*, 694-702.
- R., A., Lima Silva, F., & Orika Ono, E. (2010). Florescimento em caña de azúcar. *Ciência Rural, Santa Maria, v.40, n.3*, 694-702.
- Rodriguez, J. (1995). Fisiologia da cana-de-açúcar. *Botucatu: UNESP*, 100.
- Steel, R. G., & Torrie, J. H. (1986.). *Bioestadística: Principios y Procedimientos* (2 ed.). (R. Martínez, Trad.) México: McGraw-Hill.
- Villatoro, B., & Meneses, A. (2013). Manejo Agronómico por Ambiente (MAPA), Enfoque Para Aumentar la Productividad de la Agroindustria Azucarera de Guatemala. In M. Melgar, A. Meneses, H. Orozco, & O. Pérez (Eds.), *Memoria. Presentación de Resultados de Investigación. Zafra 2012-2013* (pp. 336-348).
- Villatoro, B., & Perez, O. (s.f.). Caracterización de la Zona Cañera. Escuintla, Guatemala.

X. ANEXOS

ANEXO 1. PRUEBAS DE T

OPTIFULL VS TESTIGO CP73-1547

> t.test(ttest\$flor_porcen ~ ttest\$trt, data = ttest, subset = 1:16)
Welch Two Sample t-test
data: ttest\$flor_porcen by ttest\$trt
t = -0.50233, df = 12.029, p-value = 0.6245
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-15.14165 9.46665
sample estimates:
mean in group optifull mean in group testigo
5.8375 8.6750
> t.test(ttest\$alt ~ ttest\$trt, data = ttest, subset = 1:16)
Welch Two Sample t-test
data: ttest\$alt by ttest\$trt
t = 0.49587, df = 9.6073, p-value = 0.6311
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-0.3518443 0.5518443
sample estimates:
mean in group optifull mean in group testigo
2.7125 2.6125
> t.test(ttest\$diam ~ ttest\$trt, data = ttest, subset = 1:16)
Welch Two Sample t-test
data: ttest\$diam by ttest\$trt
t = -2.5459, df = 13.536, p-value = 0.02378
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-0.23064675 -0.01935325

121.4250	121.9125
> t.test(ttest\$TAH ~ ttest\$trt, data = ttest, subset = 1:16)	
Welch Two Sample t-test	
data: ttest\$TAH by ttest\$trt	
t = -0.27346, df = 13.853, p-value = 0.7885	
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0	
95 percent confidence interval:	
-3.429719 2.654719	
sample estimates:	
mean in group optifull	mean in group testigo
12.2875	12.6750

ANEXO 2. OPTIFULL VS OPTILUX CP73-1547

> t.test(ttest\$flor_porcen ~ ttest\$trt, data = ttest, subset = 1:16)	
Welch Two Sample t-test	
data: ttest\$flor_porcen by ttest\$trt	
t = 0.10893, df = 13.723, p-value = 0.9148	
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0	
95 percent confidence interval:	
-9.597949 10.622949	
sample estimates:	
mean in group optifull	mean in group optilux
5.8375	5.3250
> t.test(ttest\$alt ~ ttest\$trt, data = ttest, subset = 1:16)	
Welch Two Sample t-test	
data: ttest\$alt by ttest\$trt	

t = -0.10897, df = 12.878, p-value = 0.9149
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-0.5211112 0.4711112
sample estimates:
mean in group optifull mean in group optilux
2.7125 2.7375
> t.test(ttest\$diam ~ ttest\$trt, data = ttest, subset = 1:16)
Welch Two Sample t-test
data: ttest\$diam by ttest\$trt
t = -1.4, df = 13.058, p-value = 0.1848
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-0.22246199 0.04746199
sample estimates:
mean in group optifull mean in group optilux
2.5500 2.6375
> t.test(ttest\$brix ~ ttest\$trt, data = ttest, subset = 1:16)
Welch Two Sample t-test
data: ttest\$brix by ttest\$trt
t = 1.3558, df = 10.768, p-value = 0.2029
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-0.4746272 1.9871272
sample estimates:
mean in group optifull mean in group optilux
19.92875 19.17250
> t.test(ttest\$TCH ~ ttest\$trt, data = ttest, subset = 1:16)
Welch Two Sample t-test
data: ttest\$TCH by ttest\$trt
t = -0.7007, df = 13.7, p-value = 0.4952
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0

95 percent confidence interval:
-25.11511 12.76511
sample estimates:
mean in group optifull mean in group optilux
100.8875 107.0625
> t.test(ttest\$k_azúcar_tm ~ ttest\$trt, data = ttest, subset = 1:16)
Welch Two Sample t-test
data: ttest\$k_azúcar_tm by ttest\$trt
t = 1.1961, df = 13.999, p-value = 0.2515
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-3.62898 12.77898
sample estimates:
mean in group optifull mean in group optilux
121.425 116.850
> t.test(ttest\$TAH ~ ttest\$trt, data = ttest, subset = 1:16)
Welch Two Sample t-test
data: ttest\$TAH by ttest\$trt
t = -0.19893, df = 13.091, p-value = 0.8454
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-2.814966 2.339966
sample estimates:
mean in group optifull mean in group optilux
12.2875 12.5250

ANEXO 3. OPTILUX VS TESTIGO CP73-1547

> t.test(ttest\$flor_porcen ~ ttest\$trt, data = ttest, subset = 1:16)
Welch Two Sample t-test
data: ttest\$flor_porcen by ttest\$trt
t = -0.56582, df = 12.991, p-value = 0.5812
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0

95 percent confidence interval:
-16.14152 9.44152
sample estimates:
mean in group optilux mean in group testigo
5.325 8.675
> t.test(ttest\$alt ~ ttest\$trt, data = ttest, subset = 1:16)
Welch Two Sample t-test
data: ttest\$alt by ttest\$trt
t = 0.78846, df = 11.414, p-value = 0.4465
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-0.2224003 0.4724003
sample estimates:
mean in group optilux mean in group testigo
2.7375 2.6125
> t.test(ttest\$diam ~ ttest\$trt, data = ttest, subset = 1:16)
Welch Two Sample t-test
data: ttest\$diam by ttest\$trt
t = -0.63754, df = 11.796, p-value = 0.536
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-0.16590461 0.09090461
sample estimates:
mean in group optilux mean in group testigo
2.6375 2.6750
> t.test(ttest\$brix ~ ttest\$trt, data = ttest, subset = 1:16)
Welch Two Sample t-test
data: ttest\$brix by ttest\$trt
t = -1.9053, df = 12.192, p-value = 0.0806
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-1.9515145 0.1290145

sample estimates:
mean in group optilux mean in group testigo
19.17250 20.08375
> t.test(ttest\$TCH ~ ttest\$trt, data = ttest, subset = 1:16)
Welch Two Sample t-test
data: ttest\$TCH by ttest\$trt
t = 0.42373, df = 13.275, p-value = 0.6786
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-16.09571 23.97071
sample estimates:
mean in group optilux mean in group testigo
107.0625 103.1250
> t.test(ttest\$k_azúcar_tm ~ ttest\$trt, data = ttest, subset = 1:16)
Welch Two Sample t-test
data: ttest\$k_azúcar_tm by ttest\$trt
t = -1.3335, df = 14, p-value = 0.2037
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-13.205092 3.080092
sample estimates:
mean in group optilux mean in group testigo
116.8500 121.9125
> t.test(ttest\$TAH ~ ttest\$trt, data = ttest, subset = 1:16)
Welch Two Sample t-test
data: ttest\$TAH by ttest\$trt
t = -0.11741, df = 12.419, p-value = 0.9084
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-2.923332 2.623332
sample estimates:
mean in group optilux mean in group testigo

ANEXO 4. OPTILUX VS TESTIGO CP72-2086

<code>> t.test(ttest\$flor_porcen ~ ttest\$trt, data = ttest, subset = 17:24)</code>	
Welch Two Sample t-test	
data: ttest\$flor_porcen by ttest\$trt	
t = -8.1882, df = 4.8445, p-value = 0.0005131	
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0	
95 percent confidence interval:	
-51.03344 -26.46656	
sample estimates:	
mean in group optilux	mean in group testigo
20.00	58.75
<code>> t.test(ttest\$alt ~ ttest\$trt, data = ttest, subset = 17:24)</code>	
Welch Two Sample t-test	
data: ttest\$alt by ttest\$trt	
t = -0.42008, df = 5.5223, p-value = 0.6903	
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0	
95 percent confidence interval:	
-0.3474582 0.2474582	
sample estimates:	
mean in group optilux	mean in group testigo
2.80	2.85
<code>> t.test(ttest\$diam ~ ttest\$trt, data = ttest, subset = 17:24)</code>	
Welch Two Sample t-test	
data: ttest\$diam by ttest\$trt	
t = -0.39736, df = 5.8541, p-value = 0.7052	
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0	
95 percent confidence interval:	
-0.1798833 0.1298833	
sample estimates:	
mean in group optilux	mean in group testigo

2.600	2.625
> t.test(ttest\$brix ~ ttest\$trt, data = ttest, subset = 17:24)	
Welch Two Sample t-test	
data: ttest\$brix by ttest\$trt	
t = 0.35841, df = 4.3148, p-value = 0.7369	
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0	
95 percent confidence interval:	
-1.632178	2.132178
sample estimates:	
mean in group optilux	mean in group testigo
19.7675	19.5175
> t.test(ttest\$TCH ~ ttest\$trt, data = ttest, subset = 17:24)	
Welch Two Sample t-test	
data: ttest\$TCH by ttest\$trt	
t = -0.4096, df = 5.7525, p-value = 0.6969	
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0	
95 percent confidence interval:	
-22.16578	15.86578
sample estimates:	
mean in group optilux	mean in group testigo
132.80	135.95
> t.test(ttest\$k_azucar_tm ~ ttest\$trt, data = ttest, subset = 17:24)	
Welch Two Sample t-test	
data: ttest\$k_azúcar_tm by ttest\$trt	
t = -0.13749, df = 3.4212, p-value = 0.8983	
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0	
95 percent confidence interval:	
-14.1345	12.8845
sample estimates:	
mean in group optilux	mean in group testigo
119.475	120.100

> t.test(ttest\$TAH ~ ttest\$trt, data = ttest, subset = 17:24)
Welch Two Sample t-test
data: ttest\$TAH by ttest\$trt
t = -0.40256, df = 4.6136, p-value = 0.7052
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-3.397437 2.497437
sample estimates:
mean in group optilux mean in group testigo
15.875 16.325

OPTIFULL VS OPTILUX CP72-2086

> t.test(ttest\$flor_porcen ~ ttest\$trt, data = ttest, subset = 17:24)
Welch Two Sample t-test
data: ttest\$flor_porcen by ttest\$trt
t = -0.42008, df = 5.9793, p-value = 0.6891
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-17.07426 12.07426
sample estimates:
mean in group optifull mean in group optilux
17.5 20.0

> t.test(ttest\$alt ~ ttest\$trt, data = ttest, subset = 17:24)
Welch Two Sample t-test
data: ttest\$alt by ttest\$trt
t = -0.7746, df = 5.1724, p-value = 0.4725
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-0.4285609 0.2285609
sample estimates:
mean in group optifull mean in group optilux
2.7 2.8

> t.test(ttest\$diam ~ ttest\$trt, data = ttest, subset = 17:24)

Welch Two Sample t-test
data: ttest\$diam by ttest\$trt
t = -0.52223, df = 4.9726, p-value = 0.6239
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-0.14826144 0.09826144
sample estimates:
mean in group optifull mean in group optilux
2.575 2.600
> t.test(ttest\$brix ~ ttest\$trt, data = ttest, subset = 17:24)
Welch Two Sample t-test
data: ttest\$brix by ttest\$trt
t = 0.046499, df = 5.7335, p-value = 0.9645
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-1.958295 2.033295
sample estimates:
mean in group optifull mean in group optilux
19.8050 19.7675
> t.test(ttest\$TCH ~ ttest\$trt, data = ttest, subset = 17:24)
Welch Two Sample t-test
data: ttest\$TCH by ttest\$trt
t = -1.2806, df = 3.9886, p-value = 0.2697
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-63.72619 23.52619
sample estimates:
mean in group optifull mean in group optilux
112.7 132.8
> t.test(ttest\$k_azucar_tm ~ ttest\$trt, data = ttest, subset = 17:24)
Welch Two Sample t-test

t = -1.5197, df = 3.6594, p-value = 0.2097
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-67.33369 20.83369
sample estimates:
mean in group optifull mean in group testigo
112.70 135.95
> t.test(ttest\$k_azucar_tm ~ ttest\$trt, data = ttest, subset = 17:24)
Welch Two Sample t-test
data: ttest\$k_azúcar_tm by ttest\$trt
t = 0.22023, df = 3.5285, p-value = 0.8378
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-11.06983 12.86983
sample estimates:
mean in group optifull mean in group testigo
121.0 120.1
> t.test(ttest\$TAH ~ ttest\$trt, data = ttest, subset = 17:24)
Welch Two Sample t-test
data: ttest\$TAH by ttest\$trt
t = -1.8075, df = 3.786, p-value = 0.149
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-7.198475 1.598475
sample estimates:
mean in group optifull mean in group testigo
13.525 16.325

A. ANÁLISIS DE VARIANZA CP73-1547

VAR1=as.numeric(anva\$alt)
 VAR2=as.numeric(anva\$floracion)
 VAR3=as.numeric(anva\$diam)
 VAR4=as.numeric(anva\$brix)
 VAR5=as.numeric(anva\$TCH)
 VAR6=as.numeric(anva\$k_azúcar_tm)
 VAR7=as.numeric(anva\$TAH)

Variable 1: Altura de corte de las plantas de caña de azúcar.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	Porb>F	Significación Estadística
Localidad (loc)	1	0.7004	0.7004	12.911	0.00369	**
Repetición (rep)	1	0.4941	0.4941	9.108	0.01071	*
Tratamiento (trt)	2	0.0700	0.0350	0.645	0.54184	
loc:rep	1	0.2901	0.2901	5.347	0.03931	*
Loc:trt	2	0.1433	0.0717	1.321	0.30302	
Rep:trt	2	0.4687	0.2343	4.320	0.03863	*
Loc:rep:trt	2	0.5687	0.2843	5.241	0.02312	*
Residuos (error)	12	0.6510	0.0542			

Códigos para la Significación 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' 1'

\$`VAR1`						
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
loc	1	0.7004	0.7004	12.911	0.00369	**
rep	1	0.4941	0.4941	9.108	0.01071	*
trt	2	0.0700	0.0350	0.645	0.54184	
loc:rep	1	0.2901	0.2901	5.347	0.03931	*
loc:trt	2	0.1433	0.0717	1.321	0.30302	
rep:trt	2	0.4687	0.2343	4.320	0.03863	*
loc:rep:trt	2	0.5687	0.2843	5.241	0.02312	*
Residuals	12	0.6510	0.0542			

Signif. codes: 0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
\$VAR2
Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
loc 1 492.3 492.3 3.886 0.0722 .
rep 1 0.0 0.0 0.000 0.9854
trt 2 52.1 26.0 0.206 0.8170
loc:rep 1 22.8 22.8 0.180 0.6790
loc:trt 2 337.9 169.0 1.334 0.2999
rep:trt 2 99.1 49.6 0.391 0.6846
loc:rep:trt 2 22.1 11.1 0.087 0.9170
Residuals 12 1520.4 126.7

Signif. codes: 0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
\$VAR3
Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
loc 1 0.00042 0.00042 0.054 0.8205
rep 1 0.00408 0.00408 0.527 0.4818
trt 2 0.06583 0.03292 4.247 0.0403 *
loc:rep 1 0.01408 0.01408 1.817 0.2025
loc:trt 2 0.08583 0.04292 5.538 0.0198 *
rep:trt 2 0.03517 0.01758 2.269 0.1460
loc:rep:trt 2 0.04117 0.02058 2.656 0.1109
Residuals 12 0.09300 0.00775

Signif. codes: 0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
\$VAR4
Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
loc 1 0.001 0.0006 0.001 0.982
rep 1 1.265 1.2649 1.081 0.319
trt 2 3.804 1.9018 1.625 0.237
loc:rep 1 0.408 0.4083 0.349 0.566
loc:trt 2 2.191 1.0954 0.936 0.419
rep:trt 2 2.687 1.3437 1.148 0.350
loc:rep:trt 2 5.700 2.8500 2.436 0.129
Residuals 12 14.041 1.1701
\$VAR5

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
loc	1	3626	3626	21.975	0.000525 ***
rep	1	909	909	5.506	0.036941 *
trt	2	156	78	0.474	0.633770
loc:rep	1	138	138	0.835	0.378764
loc:trt	2	107	54	0.325	0.728594
rep:trt	2	348	174	1.056	0.378163
loc:rep:trt	2	224	112	0.678	0.525847
Residuals	12	1980	165		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					
\$VAR6					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
loc	1	81.0	81.03	1.427	0.2553
rep	1	38.2	38.19	0.673	0.4281
trt	2	124.8	62.40	1.099	0.3645
loc:rep	1	9.7	9.69	0.171	0.6868
loc:trt	2	12.8	6.41	0.113	0.8941
rep:trt	2	39.3	19.63	0.346	0.7146
loc:rep:trt	2	358.4	179.21	3.156	0.0792 .
Residuals	12	681.3	56.78		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					
\$VAR7					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
loc	1	65.01	65.01	17.398	0.0013 **
rep	1	9.46	9.46	2.533	0.1375
trt	2	0.61	0.31	0.082	0.9220
loc:rep	1	2.98	2.98	0.797	0.3896
loc:trt	2	2.39	1.20	0.320	0.7322
rep:trt	2	7.91	3.96	1.059	0.3771
loc:rep:trt	2	9.24	4.62	1.237	0.3247
Residuals	12	44.84	3.74		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					
> m<-lapply(models, LSD.test, "trt")					
> print(m)					
\$`VAR1`					

\$`statistics`									
MSerror	Df	Mean	CV	t.value	LSD				
0.05425	12	2.6875	8.666653	2.178813	0.2537405				
`									
\$parameters									
test p.adjusted name.t ntr alpha									
Fisher-LSD	none		trt	3	0.05				
`									
\$means									
	VAR1	std r	LCL	UCL	Min	Max	Q25	Q50	Q75
optifull	2.7125	0.5221863	8 2.533078	2.891922	2.1	3.6	2.325	2.7	2.975
optilux	2.7375	0.3852179	8 2.558078	2.916922	2.1	3.4	2.575	2.7	2.925
testigo	2.6125	0.2295181	8 2.433078	2.791922	2.2	2.9	2.500	2.6	2.750
`									
\$comparison									
NULL									
`									
\$groups									
VAR1 groups									
optilux	2.7375	a							
optifull	2.7125	a							
testigo	2.6125	a							
`									
attr(,"class")									
[1] "group"									
`									
\$VAR2									
\$`statistics`									
MSerror	Df	Mean	CV	t.value	LSD				
126.7031	12	6.6125	170.2268	2.178813	12.26263				
`									
\$parameters									
test p.adjusted name.t ntr alpha									
Fisher-LSD	none		trt	3	0.05				
`									
\$means									
	VAR2	std r	LCL	UCL	Min	Max	Q25	Q50	Q75
optifull	5.8375	8.715985	8 -2.833486	742 14.50849	0	25.0	0	2.65	6.750
optilux	5.3250	10.056377	8 -3.345986	742 13.99599	0	25.0	0	0.00	4.400
testigo	8.6750	13.390055	8 0.004013	258 17.34599	0	33.3	0	0.00	14.575

\$comparison
NULL
\$groups
VAR2 groups
testigo 8.6750 a
optifull 5.8375 a
optilux 5.3250 a
attr("class")
[1] "group"
\$VAR3
\$`statistics`
MSerror Df Mean CV t.value LSD
0.00775 12 2.620833 3.359011 2.178813 0.0959049
\$parameters
test p.adjusted name.t ntr alpha
Fisher-LSD none trt 3 0.05
\$means
VAR3 std r LCL UCL Min Max Q25 Q50 Q75
optifull 2.5500 0.10690450 8 2.482185 2.617815 2.4 2.7 2.475 2.60 2.600
optilux 2.6375 0.14078860 8 2.569685 2.705315 2.4 2.8 2.575 2.65 2.725
testigo 2.6750 0.08864053 8 2.607185 2.742815 2.5 2.8 2.675 2.70 2.700
\$comparison
NULL
\$groups
VAR3 groups
testigo 2.6750 a
optilux 2.6375 ab
optifull 2.5500 b
attr("class")
[1] "group"
\$VAR4

\$`statistics`									
MSerror Df		Mean	CV	t.value	LSD				
1.170118 12		19.72833	5.483079	2.178813	1.178433				
\$parameters									
test p.adjusted name.t ntr alpha									
Fisher-LSD		none	trt	3	0.05				
\$means									
		VAR4	std r	LCL	UCL	Min	Max	Q25	
Q50	Q75								
optifull	19.92875	1.387870	8	19.09547	20.76203	18.49	22.27	18.8650	
	19.400	21.0925							
optilux	19.17250	0.750119	8	18.33922	20.00578	18.36	20.20	18.5700	
	18.945	19.8175							
testigo	20.08375	1.125762	8	19.25047	20.91703	17.94	21.42	19.5225	
	20.305	20.8575							
\$comparison									
NULL									
\$groups									
VAR4 groups									
testigo	20.08375	a							
optifull	19.92875	a							
optilux	19.17250	a							
attr("class")									
[1] "group"									
\$VAR5									
\$`statistics`									
MSerror Df		Mean	CV	t.value	LSD				
165.0058 12		103.6917	12.38813	2.178813	13.99393				
\$parameters									
test p.adjusted name.t ntr alpha									
Fisher-LSD		none	trt	3	0.05				
\$means									
		VAR5	std r	LCL	UCL	Min	Max	Q25	Q50
Q75									
optifull	100.8875	18.88465	8	90.9923	110.7827	74.8	123	84.575	103.35
	116.875								
optilux	107.0625	16.26863	8	97.1673	116.9577	89.7	138	98.025	102.85
	110.850								

testigo	103.1250	20.64328	8	93.2298	113.0202	68.0	132	92.125	107.40
	113.525								
\$comparison									
NULL									
\$groups									
VAR5 groups									
optilux	107.0625								a
testigo	103.1250								a
optifull	100.8875								a
attr(,"class")									
[1] "group"									
\$VAR6									
\$`statistics`									
	MSerror	Df	Mean	CV	t.value		LSD		
	56.77592	12	120.0625	6.275881	2.178813		8.208655		
\$parameters									
	test	p.adjusted	name	t	ntr	alpha			
	Fisher-LSD		none	trt	3	0.05			
\$means									
	Q50	Q75	VAR6	std	r	LCL	UCL	Min	Max
	119.45	126.975	7.686677	8	115.6206	127.2294	111.3	132.7	117.000
	115.45	118.075	7.613334	8	111.0456	122.6544	106.8	131.4	113.550
	121.55	127.150	7.572401	8	116.1081	127.7169	107.8	132.1	118.425
\$comparison									
NULL									
\$groups									
VAR6 groups									
testigo	121.9125								a
optifull	121.4250								a
optilux	116.8500								a
attr(,"class")									
[1] "group"									

\$VAR7
\$`statistics`
MSerror Df Mean CV t.value LSD
3.736583 12 12.49583 15.46935 2.178813 2.105849
\$parameters
test p.adjusted name.t ntr alpha
Fisher-LSD none trt 3 0.05
\$means
VAR7 std r LCL UCL Min Max Q25 Q50
Q75
optifull 12.2875 2.684047 8 10.79844 13.77656 8.3 16.3 10.525 12.55 13.975
optilux 12.5250 2.049216 8 11.03594 14.01406 9.6 16.0 11.375 11.90 13.875
testigo 12.6750 2.976455 8 11.18594 14.16406 8.1 16.1 10.700 13.60 14.500
\$comparison
NULL
\$groups
VAR7 groups
testigo 12.6750 a
optilux 12.5250 a
optifull 12.2875 a
attr("class")
[1] "group"
> n<-lapply(models, LSD.test, "loc")
> print(n)
\$`VAR1`
\$`statistics`
MSerror Df Mean CV t.value LSD
0.05425 12 2.6875 8.666653 2.178813 0.2071783
\$parameters
test p.adjusted name.t ntr alpha
Fisher-LSD none loc 2 0.05
\$means

	VAR1	std	r	LCL	UCL	Min	Max	Q25	Q50
Q75									
cds_amates	2.516667	0.2757909	12	2.370170	2.663164	2.1	2.9	2.35	2.55
2.70									
la_bendicion	2.858333	0.4100074	12	2.711836	3.004830	2.1	3.6	2.60	2.85
3.05									
\$comparison									
NULL									
\$groups									
VAR1 groups									
la_bendicion	2.858333		a						
cds_amates	2.516667		b						
attr(,"class")									
[1] "group"									
\$VAR2									
\$`statistics`									
	MSError	Df	Mean	CV	t.value		LSD		
	126.7031	12	6.6125	170.2268	2.178813		10.01239		
\$parameters									
	test	p.adjusted	name	t	ntr	alpha			
	Fisher-LSD		none	loc	2	0.05			
\$means									
	VAR2	std	r	LCL	UCL	Min	Max	Q25	Q50
Q75									
cds_amates	2.083333	7.216878	12	-4.996498	9.163164	0	25.0	0	0.0
0.00									
la_bendicion	11.141667	11.605677	12	4.061836	18.221498	0	33.3	0	8.2
19.45									
\$comparison									
NULL									
\$groups									
VAR2 groups									
la_bendicion	11.141667		a						
cds_amates	2.083333		a						
attr(,"class")									
[1] "group"									

\$VAR3
\$`statistics`
MSerror Df Mean CV t.value LSD
0.00775 12 2.620833 3.359011 2.178813 0.07830602
\$parameters
test p.adjusted name.t ntr alpha
Fisher-LSD none loc 2 0.05
\$means
VAR3 std r LCL UCL Min Max Q25 Q50
Q75
cds_amates 2.616667 0.1114641 12 2.561296 2.672037 2.4 2.8 2.575 2.60 2.7
la_bendicion 2.625000 0.1356801 12 2.569629 2.680371 2.4 2.8 2.575 2.65 2.7
\$comparison
NULL
\$groups
VAR3 groups
la_bendicion 2.625000 a
cds_amates 2.616667 a
attr("class")
[1] "group"
\$VAR4
\$`statistics`
MSerror Df Mean CV t.value LSD
1.170118 12 19.72833 5.483079 2.178813 0.9621863
\$parameters
test p.adjusted name.t ntr alpha
Fisher-LSD none loc 2 0.05
\$means
VAR4 std r LCL UCL Min Max Q25
Q50 Q75
cds_amates 19.73333 0.9877922 12 19.05296 20.4137 18.51 21.08 18.8400 19.635 20.765
la_bendicion 19.72333 1.3267618 12 19.04296 20.4037 17.94 22.27 18.6925 19.550 20.365

\$comparison
NULL
\$groups
VAR4 groups
cds_amates 19.73333 a
la_bendicion 19.72333 a
attr("class")
[1] "group"
\$VAR5
\$`statistics`
MSerror Df Mean CV t.value LSD
165.0058 12 103.6917 12.38813 2.178813 11.42599
\$parameters
test p.adjusted name.t ntr alpha
Fisher-LSD none loc 2 0.05
\$means
VAR5 std r LCL UCL Min Max Q25
Q50 Q75
cds_amates 115.9833 12.90580 12 107.9039 124.0627 93.5 138.0 107.425 117.35 123.30
la_bendicion 91.4000 13.58569 12 83.3206 99.4794 68.0 113.2 82.675 91.20 101.45
\$comparison
NULL
\$groups
VAR5 groups
cds_amates 115.9833 a
la_bendicion 91.4000 b
attr("class")
[1] "group"
\$VAR6
\$`statistics`
MSerror Df Mean CV t.value LSD

56.77592 12 120.0625 6.275881 2.178813 6.702339									
\$parameters									
test p.adjusted name.t ntr alpha									
Fisher-LSD none loc 2 0.05									
\$means									
Q50	Q75	VAR6	std	r	LCL	UCL	Min	Max	Q25
cds_amates	121.900	6.707933	12	117.1607	126.6393	111.3	132.7	117.525	121.05 127.150
la_bendicion	118.225	8.364006	12	113.4857	122.9643	106.8	132.1	113.325	116.70 124.425
\$comparison									
NULL									
\$groups									
VAR6 groups									
cds_amates	121.900	a							
la_bendicion	118.225	a							
attr(,"class")									
[1] "group"									
\$VAR7									
\$`statistics`									
MSError	Df	Mean	CV	t.value	LSD				
3.736583	12	12.49583	15.46935	2.178813	1.719419				
\$parameters									
test p.adjusted name.t ntr alpha									
Fisher-LSD none loc 2 0.05									
\$means									
Q50	Q75	VAR7	std	r	LCL	UCL	Min	Max	Q25
cds_amates	13.95 15.775	14.14167	1.702115	12	12.925854	15.35748	11.3	16.3	13.575
la_bendicion	11.05 11.700	10.85000	2.035369	12	9.634187	12.06581	8.1	14.2	9.425
\$comparison									
NULL									

\$groups		
VAR7 groups		
cds_amates	14.14167	a
la_bendicion	10.85000	b

B. ANÁLISIS DE VARIANZA CP72-2086

VAR1=as.numeric(anva\$alt)
VAR2=as.numeric(anva\$floracion)
VAR3=as.numeric(anva\$diam)
VAR4=as.numeric(anva\$brix)
VAR5=as.numeric(anva\$TCH)
VAR6=as.numeric(anva\$k_azúcar_tm)
VAR7=as.numeric(anva\$TAH)

\$`VAR1`						
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
rep	1	0.01667	0.01667	0.521	0.498	
trt	2	0.04667	0.02333	0.729	0.521	
rep:trt	2	0.10133	0.05067	1.583	0.280	
Residuals	6	0.19200	0.03200			
\$VAR2						
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
rep	1	220	220.4	5.136	0.063996 .	
trt	2	4279	2139.6	49.854	0.000183 ***	
rep:trt	2	16	7.9	0.184	0.836092	
Residuals	6	257	42.9			

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1						
\$VAR3						
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
rep	1	0.00067	0.000667	0.100	0.763	
trt	2	0.00500	0.002500	0.375	0.702	
rep:trt	2	0.01433	0.007167	1.075	0.399	
Residuals	6	0.04000	0.006667			
\$VAR4						

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
rep	1	0.624	0.6242	0.733	0.425
trt	2	0.195	0.0977	0.115	0.894
rep:trt	2	3.162	1.5810	1.855	0.236
Residuals	6	5.113	0.8522		
\$VAR5					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
rep	1	600.4	600.4	3.404	0.1146
trt	2	1272.7	636.3	3.607	0.0936 .
rep:trt	2	1578.6	789.3	4.474	0.0647 .
Residuals	6	1058.4	176.4		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					
\$VAR6					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
rep	1	0.04	0.04	0.001	0.9707
trt	2	4.70	2.35	0.092	0.9133
rep:trt	2	278.72	139.36	5.456	0.0447 *
Residuals	6	153.27	25.54		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					
\$VAR7					
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
rep	1	9.204	9.204	4.384	0.0812 .
trt	2	18.087	9.043	4.307	0.0692 .
rep:trt	2	18.601	9.301	4.430	0.0658 .
Residuals	6	12.597	2.100		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					
> m<-lapply(models, LSD.test, "trt")					
> print(m)					
\$`VAR1`					
\$`statistics`					
MSError	Df	Mean	CV	t.value	LSD
0.032	6	2.783333	6.427022	2.446912	0.3095126
\$parameters					

test p.adjusted name.t ntr alpha										
Fisher-LSD	none	trt	3	0.05						
\$means										
	VAR1	std r	LCL	UCL	Min	Max	Q25	Q50	Q75	
optifull	2.70	0.2160247	4	2.481142	2.918858	2.5	3.0	2.575	2.65	2.775
optilux	2.80	0.1414214	4	2.581142	3.018858	2.6	2.9	2.750	2.85	2.900
testigo	2.85	0.1914854	4	2.631142	3.068858	2.6	3.0	2.750	2.90	3.000
\$comparison										
NULL										
\$groups										
VAR1 groups										
testigo	2.85	a								
optilux	2.80	a								
optifull	2.70	a								
attr(,"class")										
[1] "group"										
\$VAR2										
\$`statistics`										
	MSerror	Df	Mean	CV	t.value	LSD				
	42.91667	6	32.08333	20.41895	2.446912	11.33486				
\$parameters										
test p.adjusted name.t ntr alpha										
Fisher-LSD	none	trt	3	0.05						
\$means										
	VAR2	std r	LCL	UCL	Min	Max	Q25	Q50	Q75	
optifull	17.50	8.660254	4	9.485041	25.51496	5	25	16.25	20.0	21.25
optilux	20.00	8.164966	4	11.985041	28.01496	10	30	17.50	20.0	22.50
testigo	58.75	4.787136	4	50.735041	66.76496	55	65	55.00	57.5	61.25
\$comparison										
NULL										
\$groups										
VAR2 groups										

testigo	58.75	a								
optilux	20.00	b								
optifull	17.50	b								
attr(,"class")										
[1] "group"										
\$VAR3										
\$`statistics`										
MSerror	Df	Mean	CV	t.value	LSD					
0.006666667	6	2.6	3.140371	2.446912	0.1412725					
\$parameters										
test p.adjusted			name	t	ntr	alpha				
Fisher-LSD	none	trt	3	0.05						
\$means										
VAR3	std	r	LCL	UCL	Min	Max	Q25	Q50	Q75	
optifull	2.575	0.05000000	4	2.475105	2.674895	2.5	2.6	2.575	2.60	2.600
optilux	2.600	0.08164966	4	2.500105	2.699895	2.5	2.7	2.575	2.60	2.625
testigo	2.625	0.09574271	4	2.525105	2.724895	2.5	2.7	2.575	2.65	2.700
\$comparison										
NULL										
\$groups										
VAR3 groups										
testigo	2.625	a								
optilux	2.600	a								
optifull	2.575	a								
attr(,"class")										
[1] "group"										
\$VAR4										
\$`statistics`										
MSerror	Df	Mean	CV	t.value	LSD					
0.8522	6	19.69667	4.686817	2.446912	1.597254					
\$parameters										
test p.adjusted			name	t	ntr	alpha				

Fisher-LSD	none	trt	3	0.05						
\$means										
	VAR4	std r	LCL	UCL	Min	Max	Q25	Q50	Q75	
optifull	19.8050	1.0100990	4	18.67557	20.93443	18.44	20.85	19.4600	19.965	20.3100
optilux	19.7675	1.2574677	4	18.63807	20.89693	18.33	20.91	18.9075	19.915	20.7750
testigo	19.5175	0.6041178	4	18.38807	20.64693	18.74	20.21	19.3100	19.560	19.7675
\$comparison										
NULL										
\$groups										
VAR4 groups										
optifull	19.8050									a
optilux	19.7675									a
testigo	19.5175									a
attr(,"class")										
[1] "group"										
\$VAR5										
\$`statistics`										
MSerror	Df	Mean	CV	t.value	LSD					
176.398	6	127.15	10.44553	2.446912	22.98001					
\$parameters										
test p.adjusted name.t ntr alpha										
Fisher-LSD	none	trt	3	0.05						
\$means										
	VAR5	std r	LCL	UCL	Min	Max	Q25	Q50	Q75	
optifull	112.70	29.026769	4	96.45068	128.9493	94.0	156.0	98.425	100.40	114.675
optilux	132.80	11.950732	4	116.55068	149.0493	117.3	143.4	126.525	135.25	141.525
testigo	135.95	9.682458	4	119.70068	152.1993	125.0	148.1	130.850	135.35	140.450
\$comparison										
NULL										
\$groups										
VAR5 groups										
testigo	135.95									a

optilux 132.80 ab
optifull 112.70 b
attr(",class")
[1] "group"
\$VAR6
\$`statistics`
MSerror Df Mean CV t.value LSD
25.54417 6 120.1917 4.205053 2.446912 8.744786
\$parameters
test p.adjusted name.t ntr alpha
Fisher-LSD none trt 3 0.05
\$means
VAR6 std r LCL UCL Min Max Q25 Q50 Q75
optifull 121.000 7.832837 4 114.8165 127.1835 114.2 128.7 114.275 120.55 127.275
optilux 119.475 8.786875 4 113.2915 125.6585 109.8 127.6 113.175 120.25 126.550
testigo 120.100 2.333809 4 113.9165 126.2835 118.0 123.4 118.825 119.50 120.775
\$comparison
NULL
\$groups
VAR6 groups
optifull 121.000 a
testigo 120.100 a
optilux 119.475 a
attr(",class")
[1] "group"
\$VAR7
\$`statistics`
MSerror Df Mean CV t.value LSD
2.0995 6 15.24167 9.506606 2.446912 2.50704
\$parameters
test p.adjusted name.t ntr alpha
Fisher-LSD none trt 3 0.05

\$means										
	VAR7	std r	LCL	UCL	Min	Max	Q25	Q50	Q75	
optifull	13.525	2.910183	4	11.75226	15.29774	11.5	17.8	11.800	12.40	14.125
optilux	15.875	1.967020	4	14.10226	17.64774	13.4	18.1	14.975	16.00	16.900
testigo	16.325	1.062623	4	14.55226	18.09774	15.0	17.6	15.975	16.35	16.700
\$comparison										
NULL										
\$groups										
VAR7 groups										
testigo	16.325	a								
optilux	15.875	ab								
optifull	13.525	b								

C. PRUEBA DE FRIEDMAN PARA LA VARIABLE CORCHO (25, 50, 75,100)

> friedman.test(corcho2\$X25_porcentaje, corcho2\$trt, corcho2\$rep)
Friedman rank sum test
data: corcho2\$X25_porcentaje, corcho2\$trt and corcho2\$rep
Friedman chi-squared = 2.2857, df = 2, p-value = 0.3189
> pairwise.wilcox.test(corcho2\$X25_porcentaje, corcho2\$trt, paired = TRUE, p.adjust.method = "holm")
Pairwise comparisons using Wilcoxon signed rank test
data: corcho2\$X25_porcentaje and corcho2\$trt
optifull Optilux
optilux 0.81 -
testigo 0.81 0.81
P value adjustment method: holm
Warning messages:

> friedman.test(corcho2\$X50_porcentaje, corcho2\$trt, corcho2\$rep)
Friedman rank sum test
data: corcho2\$X50_porcentaje, corcho2\$trt and corcho2\$rep
Friedman chi-squared = 1.7333, df = 2, p-value = 0.4204
> pairwise.wilcox.test(corcho2\$X50_porcentaje, corcho2\$trt, paired = TRUE, p.adjust.method = "holm")
Pairwise comparisons using Wilcoxon signed rank test
data: corcho2\$X50_porcentaje and corcho2\$trt
optifull Optilux
optilux 0.59 -
testigo 0.59 0.59
P value adjustment method: holm
Warning messages:
> friedman.test(corcho2\$X75_porcentaje, corcho2\$trt, corcho2\$rep)
Friedman rank sum test
data: corcho2\$X75_porcentaje, corcho2\$trt and corcho2\$rep
Friedman chi-squared = 0.61538, df = 2, p-value = 0.7351
> pairwise.wilcox.test(corcho2\$X75_porcentaje, corcho2\$trt, paired = TRUE, p.adjust.method = "holm")
Pairwise comparisons using Wilcoxon signed rank test
data: corcho2\$X75_porcentaje and corcho2\$trt
optifull Optilux
optilux 1 -
testigo 1 1
P value adjustment method: holm

Warning messages:
> friedman.test(corcho2\$X100_porcentaje, corcho2\$trt, corcho2\$rep)
Friedman rank sum test
data: corcho2\$X100_porcentaje, corcho2\$trt and corcho2\$rep
Friedman chi-squared = 0.66667, df = 2, p-value = 0.7165
> pairwise.wilcox.test(corcho2\$X100_porcentaje, corcho2\$trt, paired = TRUE, p.adjust.method = "holm")
Pairwise comparisons using Wilcoxon signed rank test
data: corcho2\$X100_porcentaje and corcho2\$trt
optifull Optilux
optilux 1 -
testigo 1 1
P value adjustment method: holm

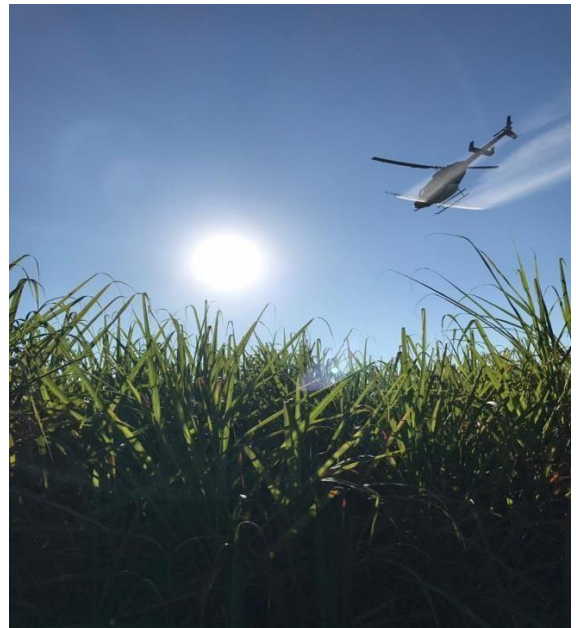
ANEXO 6. FOTOGRAFÍAS DURANTE EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN



Calibración de boquillas para aplicación



Boquilla utilizada en la aplicación



Aplicación de inhibidor de floración en los diferentes lotes en Ingenio Madre Tierra.



Identificación de individuos para muestreo



Determinación de diámetro en los diferentes tratamientos.



Medición de altura.



Determinación de corcho



Muestreo de floración



Muestreo de TCH