

**Universidad Nacional Experimental
de los Llanos Occidentales
"EZEQUIEL ZAMORA"**



LA UNIVERSIDAD QUE SIEMBR

**VICERRECTORADO
DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
ESTADO PORTUGUESA**

**EFECTO DEL ZIROCO (FLUAZIPOP-P-BUTYL) EN EL INDICE
DE MADURACION DE DOS VARIETADES DE CAÑA DE AZÚCAR EN
LA EMPRESA ORION AGROINVERSIONES**

**Autores:
Ivan M. Torres C
Edicson D. Carreño F.**

**Tutor: Msc. Ing. Rismary Montilla
Tutor empresarial: Ing. Fabio Victora**

Febrero, 2025

**Universidad Nacional Experimental
de los Llanos Occidentales
"EZEQUIEL ZAMORA"**



La Universidad que siembra



**EFEECTO DEL ZIROCO (FLUAZIPOP-P-BUTYL) EN EL ÍNDICE DE
MADURACIÓN EN DOS VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA
EMPRESA ORION AGROINVERSIONES.**

Requisito parcial para optar al título de

Ingeniero Agrónomo

Autores:

Carreño F., Edicson D.

Torres C., Ivan M.

Tutor: Msc. Ing. Rismary Montilla

Tutor empresarial: Ing. Fabio Victora

Febrero, 2025



UNIVERSIDAD NACIONAL
EXPERIMENTAL
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES
"EZEQUIEL ZAMORA"

ACTA DE VEREDICTO

El 27 de Febrero de 2025 en las instalaciones del Vicerrectorado de Producción Agrícola de la Universidad Nacional Experimental De Los Llanos Occidentales "Ezequiel Zamora" ubicada en el municipio Guanare, se reunió el jurado integrado por los profesores: Yulysmar Ramos CI: 15.399.714, Pastor Peña CI: 17.081.843 y el tutor Rismery Montilla CI: 17.003.000 para evaluar el trabajo de Aplicación de Conocimientos II titulado Prcto del 2º. oco (Fluazipar - P- Butyl) en el índice de Maduración en dos Variables de Cena de Azúcar en la Empresa Orion Agroinversiones. como requisito parcial para optar por el grado académico de Ingeniero Agrónomo, de los bachiller(es) Edicson D. Carriño CI: 27.220.523 y Torres Juan CI: 28.423.556 se otorga 1-probado el trabajo discutido en su forma y contenido, dando la calificación de (4,02).
Dando fe y en constancia de lo aquí señalado firman:

Prof. Rismery Montilla
CI: 17003000
Tutor [Signature]

Prof. Yulysmar Ramos
CI: 15.399.714
Jurado Principal Interno [Signature]

Prof. Pastor Peña
CI: 17081843
Jurado Principal Interno [Signature]

Prof. Carmen Ginebra
CI.16.475.391

Coordinadora del Subproyecto
Aplicación de Conocimientos II

Prof. Pastor Peña
Jefe de Subprograma Ingeniería
Agronómica

Prof. Yulysmar Ramos
Jefe de Programa Académico CAM V.P.A.

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien Suscribe, **Msc. Ing. Rismary Montilla Ariaz**, titular de la cédula de identidad V-**17.003.000**, Docente a dedicación exclusiva, Adscrita al Programa Ciencias del Agro y Mar Subprograma Agronomía de la UNELLEZ-VPA, hago constar por medio de la presente que acepto asesorar a los ciudadanos: **CARREÑO FIGUEROA EDICSON DARIO, C.I. V-27.220.523** y **TORRES CASTRO IVAN MANUEL, C.I. V-28.427.556** en calidad de tutora durante el periodo de desarrollo de su trabajo de Aplicación de conocimientos II, titulado: **EFEECTO DEL ZIROCO (FLUAZIPOP-P-BUTYL) EN EL ÍNDICE DE MADURACIÓN EN DOS VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA EMPRESA ORION AGROINVERSIONES**, hasta su presentación y evaluación, para optar por el título de Ingeniero Agrónomo.
Sin más que hacer referencia.

Nombre y Apellido: Rismary J. Montilla A.



Firma de Aprobación del tutor

Fecha de entrega: _____

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, queremos expresar nuestra profunda gratitud a Dios todopoderoso, por darnos la oportunidad de concretar nuestros objetivos. Permitiéndonos llegar hasta aquí con buena salud y conocimientos en nuestra carrera universitaria.

A nuestros padres, por darnos su amor, apoyo incondicional y por inculcarnos valores que nos han guiado a lo largo de nuestras vidas. Sus ejemplos de perseverancia y dedicación han sido fundamental para que logremos nuestras metas.

A nuestros hermanos y familiares, por su cariño, comprensión y por compartir con nosotros momentos de alegría y frustración durante este proceso.

A compañeros de carrera y amigos, por su apoyo en momentos de ayuda y dificultades.

A nuestros Tutores, Msc. Ing. Rismary Montilla e Ing. Fabio Victora por sus asesorías, soporte, y su apoyo moral, convirtiéndose en algo más que unos tutores, unos amigos.

A los profesores que nos regalaron su amistad, quienes nos ayudaron y orientaron considerablemente y que compartieron sus conocimientos con nosotros en este gran camino hacia formar profesionales de calidad.

Ivan M. Torres C
Edicson D. Carreño F.



UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DE LOS LLANOS
OCCIDENTALES "EZEQUIEL ZAMORA"
VICERRECTORADO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
PROGRAMA CIENCIAS DEL AGRO Y MAR

**EFECTO DEL ZIROCO (FLUAZIPOP-P-BUTYL) EN EL INDICE DE
MADURACION DE DOS VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA
EMPRESA ORION AGROINVERSIONES.**

Autores: Edicson Carreño

Iván Torres

Tutora: Ing. Msc. Rismary Montilla

RESUMEN

Los maduradores químicos, son herramientas útiles para mejorar la calidad y el rendimiento de los cultivos, y pueden generar impacto ambiental al ser persistente en el suelo y el agua, contaminando estos recursos y afectando a la flora y fauna. Con el objetivo de evaluar el efecto del Ziroco (Fluazipop-p-butyl) sobre el índice de maduración en dos variedades de caña de azúcar en la empresa Orión Agro inversiones del municipio Papelón, estado portuguesa. Se realizó una investigación de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, con diseño experimental de campo y alcance correlacional, al emplear un producto comercial denominado madurador, en dos variedades de caña de azúcar (FV08-1938 y V99-236) mediante parcelas de observación (Diseño lado a lado), donde se evaluó el índice de maduración de variedades de cañas de azúcar pre-cosecha, y el porcentaje de grados Brix, Durante cinco mediciones, para ello se aplicó la técnica de observación y recolección de datos a través de la ficha de registro; para el procesamiento estadístico de los datos recopilados el programa SPSS 27.0, cuyos resultados indicaron que el ANOVA arrojó diferencias altamente significativas $P \leq 0,05$ entre los tratamientos para los grados brix, mientras que las variedades mantuvieron promedios homogéneos, sin diferencias significativas; concluyendo que las variedades respondieron de la misma manera al tratamiento con madurador y el índice de maduración se mantuvo independiente de los tratamientos y de las variedades.

Palabras claves: Caña de azúcar, maduradores, Ziroco, Brix, variedades.



UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DE LOS LLANOS
OCCIDENTALES "EZEQUIEL ZAMORA"
VICERRECTORADO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
PROGRAMA CIENCIAS DEL AGRO Y MAR

**EFECTO DEL ZIROCO (FLUAZIPOP-P-BUTYL) EN EL INDICE DE
MADURACION DE DOS VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA
EMPRESA ORION AGROINVERSIONES.**

Autores: Edicson Carreño
Iván Torres
Tutora: Ing. Msc. Rismary Montilla

ABSTRACT

Chemical ripeners are useful tools to improve the quality and yield of crops, and can generate environmental impact by being persistent in soil and water, contaminating these resources and affecting flora and fauna. With the objective of evaluating the effect of Ziroco (*Fluazipop-p-butyl*) on the maturation index in two varieties of sugar cane in the Orion Agro investment company in the Papelon municipality, Portuguese state. An applied research was carried out, with quantitative approach, field experimental design and correlational scope, using a commercial product called ripener, on two varieties of sugar cane (FV08-1938 V99-236) by means of observation plots (side-by-side design), where the ripening index of pre-harvest sugarcane varieties and the percentage of Brix degrees were evaluated during five measurements, for which the observation and data collection technique was applied through the registration form; for the statistical processing of the data collected, the SPSS 27. 0, whose results indicated that the ANOVA showed highly significant differences $P \leq 0.05$ between treatments for brix degrees, while the varieties maintained homogeneous averages, without significant differences; concluding that the varieties responded in the same way to the treatment with ripener and the ripening index remained independent of treatments and varieties.

Key words: Sugar cane, ripeners, Ziroco, Brix, varieties.

INDICE

AGRADECIMIENTO	V
RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
INDICE DE TABLA	X
INDICE DE GRÁFICOS	XI
INDICE DE FIGURAS	XII
INTRODUCCIÓN.....	13
CAPÍTULO I. EL PROBLEMA	4
1.1. Planteamiento del problema	4
1.2. Formulación del problema.....	8
1.3. Justificación.....	9
1.4. Objetivos de la Investigación	10
1.5. Hipótesis.....	11
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	12
2.1. Antecedentes.....	12
2.2. Bases conceptuales	14
2.2.1. Cultivo de caña de azúcar	14
2.2.3. Procesos de maduración y rendimientos.....	16
2.2.4. Variedades de caña: FV08-1938 y V99-36.....	17
2.2.5. Productos maduradores de la caña de azúcar.....	18
2.2.6. Fluazifop-p-butilo	21
2.2.7. Mecanismo de acción del Fluazifop-p-butil en la maduración	23
2.2.8. Requerimientos de Clima para la aplicación del Fluazifop-p-butil	24
2.3. Definición de términos básicos.....	25
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	27

3.1.	Localización del área de estudio.....	27
3.2.	Metodología empleada	29
3.2.1.	Diseño de la Investigación:.....	29
3.3.	Materiales	30
3.3.1.	Materiales genéticos	30
3.3.2.	Materiales e Instrumentos	30
3.3.3.	Insumos	30
3.3.4.	Equipos	30
3.4.	Población y Muestra	31
3.5.	Procedimientos	31
3.5.1.	Selección del material a evaluar	31
3.5.2.	Selección de lotes y tablonos	31
3.5.3.	Criterio de muestreo dentro de las Parcelas.....	32
3.5.4.	Selección de Tallos:.....	32
3.5.5.	Preparación del madurador	32
3.5.6.	Aplicación del Madurante.....	32
3.5.7.	Distribución de los tratamientos	33
3.5.8.	Definición de Puntos de Muestreo:.....	33
3.5.9.	Recolección de datos	34
3.6.	Análisis de Datos.....	35
3.6.1.	Métodos estadísticos aplicados.....	35
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		37
CONCLUSIONES.....		47
RECOMENDACIONES		48
BIBLIOGRAFÍA.....		49
ANEXOS.....		52

INDICE DE TABLA

Tabla 1. Aplicación del madurante en los lotes seleccionados.....	33
Tabla 2. Estadísticos descriptivos de las variables evaluadas en plantas del cultivo Caña de azúcar.....	38
Tabla 3. Resumen de la aplicación del ANAVAR para los grados Brix e Índice de maduración en plantas de Caña de azúcar.	40
Tabla 4. Resumen de la aplicación de prueba de Tukey para los grados Brix e Índice de maduración en plantas de Caña de azúcar, de dos tratamientos de maduración.	42
Tabla 5. Pruebas de medias MDS de rangos, para comparación entre tratamientos, con promedios combinados en las 5 mediciones	43

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Comportamiento de las mediciones de grados Brix en los dos tratamientos (Con y sin madurador).....	39
Gráfico 2. Comportamiento de las mediciones de grados Brix en dos variedades (Con y sin madurador).....	40
Gráfico 3. Promedios de grados Brix por Variedad, a lo largo del tiempo	41
Gráfico 4. Promedios de grados Brix por tratamiento, a lo largo del tiempo.....	42
Gráfico 5. Promedios de Grados Brix por tratamiento en cada variedad post-tratamiento (Interacción tratamiento*Variedad).....	44
Gráfico 6. Promedios de Índice de maduración de cada variedad en cada semana (Interacción Variedad*Semana).....	44

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio.....	28
Figura 2. Delimitación de la empresa Agro inversiones Orión.....	29
Figura 3. Distribución de los tablonos de estudio.	33
Figura 4. Representación de las tomas de muestras en las variedad Argentina.....	34
Figura 5. Representación de la toma de muestras en la variedad Chile.....	34
Figura 6. Recolección de la muestra de estudio.....	35

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar fue uno de los cultivos de más temprana introducción por parte de los españoles en el proceso de conquista y colonización del continente americano. En Venezuela, aparece asociada a los primeros ensayos de fundación de centros poblados, tanto en oriente como en occidente. En este contexto, Molina, (2015) afirma “Junto al tabaco, el cacao, el añil y el café, fue uno de los rubros agrícolas que constituyeron la base de la economía venezolana desde la segunda mitad del siglo XVIII hasta las primeras décadas del siglo XX” (p. 115).

En este sentido, la cañicultura tiene una larga tradición en Venezuela que se remonta a la época colonial. El autor antes citado, menciona que el cultivo y procesamiento de la caña de azúcar fue una de las actividades económicas fundamentales en varias regiones del territorio Venezolano, dando lugar al establecimiento de numerosas unidades de producción, conocidas en forma genérica como Trapiche. Esta actividad tuvo significativa presencia a lo largo de todo el siglo XIX, alcanzando amplia difusión en gran parte del territorio nacional. Sin embargo, tropezó con sinnúmero de dificultades que obstaculizaban su modernización y capacidad para competir en el mercado internacional.

Por otra parte, la caracterización de genotipos de caña de azúcar de acuerdo a patrones morfológicos, es de suma importancia para efectos de conservación, evaluación, documentación y realización de intercambios de material vegetal. A nivel de productores, es indispensable conocer el comportamiento agronómico de cada variedad en diferentes ambientes. En caña de azúcar, se emplean maduradores que actúan como reguladores de crecimiento que favorecen la mayor concentración de sacarosa. Los reguladores de crecimiento pueden afectar la maduración, ya sea mediante la inhibición del crecimiento sin afectar la fotosíntesis, o actuando sobre las enzimas que catalizan la acumulación de sacarosa.

Frente a esta formulación, el uso de reguladores de crecimiento como maduradores en la caña de azúcar, entre ellos Ziroco (Fluazifop-p-butyl), se ha convertido en una práctica común para mejorar la eficiencia de la cosecha y producción de azúcar. Este producto, en

particular, ofrece una serie de beneficios al actuar sobre la fisiología de la planta y acelerar el proceso de maduración. Este producto químico influye en el equilibrio hormonal de la caña de azúcar, lo que resulta en una reducción del crecimiento vegetativo y una mayor concentración de sacarosa en los tallos. Además, este madurador permite una planificación más precisa de la cosecha, debido a que uniformiza la maduración de los campos de caña, lo que facilita la programación de las actividades de corte y transporte.

En el municipio papelón, del estado Portuguesa se desarrolló esta investigación cuyo objetivo fue evaluar el efecto del herbicida Ziroco (FLUAZIPOP-P-BUTYL) sobre la maduración de dos variedades de caña de azúcar en esta región, proporcionando información de interés para mejorar las prácticas de manejo agronómico y asegurar una producción con buenos rendimientos. Dicha información, será de gran utilidad para los productores de la zona, ya que les permitirá tomar decisiones informadas basadas en el manejo agronómico de sus cultivos. Por ello, al comprender mejor los efectos del Ziroco en la maduración de la caña de azúcar, los productores podrán optimizar sus prácticas agrícolas y asegurar una producción con altos rendimientos y calidad, lo que se traducirá en beneficios económicos y una mayor competitividad en el sector azucarero.

De acuerdo a lo descrito, la investigación se estructura de la siguiente manera: capítulo I, conformado por el problema, planteamiento del problema, objetivos de la investigación, justificación e hipótesis. Capítulo II, está constituido por el marco teórico, antecedentes, bases conceptuales, términos básicos. Capítulo III, contiene la metodología de la investigación; localización del área de estudio, metodología empleada y técnica de análisis de datos. En el Capítulo IV, se muestran los resultados y discusión. Posteriormente se plantean las conclusiones y se registran las referencias.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

El cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*) se establece como un pilar fundamental de la agricultura a escala global, especialmente en las regiones tropicales y subtropicales del planeta. Esta gramínea, perteneciente a la familia Poaceae, constituye la principal fuente de producción de azúcar, un elemento esencial en la dieta humana y en diversas industrias. La relevancia económica de este rubro trasciende su valor como materia prima, debido a que su cultivo y procesamiento generan empleo en numerosos sectores, desde la producción agrícola hasta la industria azucarera. Su comercialización y exportación impulsan el desarrollo socioeconómico de las regiones productoras.

No obstante, a pesar de la importancia del cultivo de la caña de azúcar y su impacto socioeconómico, los productores de este rubro a menudo se muestran reacios a la adopción de nuevas tecnologías y productos que generen resultados significativos en el mismo. La resistencia al cambio, arraigada en prácticas tradicionales y dudas en posibles riesgos potenciales, puede obstaculizar la implementación de innovaciones que inciden en la mejora de la productividad y calidad de la cosecha.

Adicionalmente, este cultivo contribuye a generar divisas fortaleciendo su posición en el mercado internacional, por lo que ejerce un impacto significativo en la economía global, especialmente en las naciones en desarrollo. En este contexto, la caña de azúcar representa un cultivo estratégico para la seguridad alimentaria. Su cultivo y procesamiento generan una extensa red de actividades económicas, que abarcan desde la producción agrícola y la agroindustria, hasta el transporte, comercialización y exportación. En complemento, Delfin, (2016) afirma que “la caña de azúcar es una materia prima versátil y competitiva, de ella se obtiene diversos productos como: azúcar en polvo, fibras, alcohol para la elaboración de licores, usos industriales o antisépticos, fertilizantes orgánicos y biocombustibles como el etanol”.

Esta cadena de valor, al generar empleo y riqueza, contribuye al desarrollo socioeconómico de las regiones productoras, al impulsar el crecimiento de las comunidades, además, favorece la calidad de vida de sus habitantes. Sin embargo, en Venezuela, los beneficios socioeconómicos de la mayoría de los productores, ha venido decayendo, lo que ha llevado a la búsqueda de nuevas alternativas que incidan en una mayor producción e ingreso económico. Hechas las consideraciones anteriores, este cultivo requiere de un proceso de maduración, durante el cual la planta acumula sacarosa en sus tallos, cuyo factor determinante para la calidad y el rendimiento de la producción de azúcar. A pesar de ello, este proceso, se encuentra influenciado por factores ambientales como la temperatura, humedad y radiación solar, así como por factores agronómicos como la variedad de caña, edad del cultivo y las prácticas de manejo, lo cual requiere de una cuidadosa atención para asegurar la máxima concentración de sacarosa en el momento óptimo de la cosecha.

Dadas las condiciones que anteceden, Villatoro, (2021) sostiene “El cultivo de caña de azúcar muestra durante su desarrollo cuatro etapas: Iniciación, macollamiento, elongación o gran crecimiento y maduración” (p. 74). Esta clasificación subraya la importancia de considerar el ciclo de crecimiento completo de la caña para implementar estrategias de producción eficientes y sostenibles. Además, es importante implementar prácticas de cultivo adecuadas, como la preparación del suelo, fertilización, riego y el control de plagas y enfermedades, para asegurar un buen desarrollo de la caña y maximizar el rendimiento.

En la actualidad, el cultivo de la caña de azúcar está en proceso continuo de mejoramiento tecnológico, entre éstas tecnologías está el uso de madurantes, en la etapa de maduración la planta de caña disminuye su ritmo de crecimiento y comienza a acumular sacarosa en el tallo. A pesar de ello, son pocos los productores que se atreven a innovar en la aplicación de productos que beneficien el incremento de los rendimientos, bien sea por desconocimiento, falta de información o capacitación, entre otras causas. De igual manera, Pacheco, (2015) acota “Las respuestas observadas del madurador se ven afectadas por muchos factores, como la altura de la copa, madurez y condición del cultivo en el momento de la aplicación, así como la variedad de caña y la elección del madurador” (p. 51). Esto repercute directamente en la acumulación de sacarosa, reduciendo la eficiencia productiva y disminuyendo la competitividad del sector. Ante esta problemática, resulta necesario

implementar herramientas que optimicen el manejo agronómico, como el uso de reguladores químicos que actúen sobre el proceso de maduración.

En el caso particular del uso de Ziroco (Fluazifop-p-butyl), se ha convertido en una herramienta común en la industria de la caña de azúcar para optimizar el proceso de maduración. Estos compuestos, aplicados en dosis adecuadas y en el momento oportuno, pueden acelerar y uniformizar la acumulación de sacarosa en los tallos, mejorando la calidad del jugo y el rendimiento de la producción de azúcar. Villegas, (2023) determina “La mayoría de los productos maduradores actúan como reguladores de crecimiento y como consecuencia de este efecto primario, se incrementa el contenido de sacarosa en los tallos” (p. 40). En contraste con lo anterior, los maduradores químicos, si bien pueden ser herramientas útiles para mejorar la calidad y el rendimiento de los cultivos, también pueden generar impacto ambiental, por lo cual deben ser considerados cuidadosamente. Algunos maduradores químicos pueden ser persistentes en el suelo y el agua, contaminando estos recursos y afectando a la flora y fauna circundante.

Consecuentemente, en el estado Portuguesa, las condiciones climáticas establecen un marco particular para el cultivo de la caña de azúcar. La alternancia entre una temporada de lluvias intensas y un período seco, ambos marcados por una presencia considerable de nubosidad, impone un ritmo específico al desarrollo de la planta. Las temperaturas elevadas, constantes a lo largo del año, si bien pueden favorecer un crecimiento inicial vigoroso, también demandan estrategias de manejo que permitan a la caña de azúcar sobrellevar los períodos de mayor escasez hídrica. La interacción de estos factores climáticos modula la acumulación de sacarosa en la caña, incidiendo directamente en la calidad y el rendimiento de la producción.

No obstante, las condiciones climáticas del municipio Papelón, Portuguesa, influyen de manera relevante en la aplicación de productos como el Ziroco y en la aceleración de su efecto en la maduración de la caña de azúcar. La variación entre la temporada de lluvias intensas y el período seco, ambos caracterizados por una alta nubosidad, puede afectar la disponibilidad del producto para la planta y su absorción. La humedad en el suelo durante la temporada de lluvias podría diluir el herbicida, reduciendo su eficacia, mientras que la sequía podría dificultar su absorción por la planta. Adicionalmente, la temperatura, que se mantiene

elevada durante todo el año, puede influir en la velocidad de acción del Ziroco. Las altas temperaturas podrían acelerar la descomposición del producto, disminuyendo su efecto residual y las posibilidades para lograr el efecto deseado en la maduración de la caña.

En relación a la problemática expuesta, no escapa la empresa Orion Agro inversiones, con una trayectoria de más de 40 años en el cultivo de caña de azúcar y una extensión de 3401 hectáreas dedicadas a esta actividad, donde la necesidad de mejorar los índices de maduración es prioritaria. En esta región, las condiciones naturales limitan el proceso óptimo de acumulación de sacarosa, lo que incide directamente en los rendimientos y en la calidad final del producto. En el municipio Papelón, estado Portuguesa, donde se encuentra ubicada la empresa, las condiciones climáticas y las limitaciones técnicas afectan el proceso de maduración de la caña de azúcar en condiciones pre cosecha. Villegas, (2023) afirma “la temperatura es el principal determinante climático que afecta la producción de la caña de azúcar” (p. 19).

Bajo esta percepción, el uso de reguladores de plantas como maduradores de caña de azúcar ha sido una práctica muy utilizada, debido a la necesidad de anticipar la cosecha y optimizar la planificación agrícola. Sin embargo, son pocos los productores agrícolas que cuentan con el conocimiento, asesoría y disposición en implementar estos productos, lo cual implica selección del regulador de crecimiento adecuado, determinación de la dosis óptima y el momento de aplicación, sumado a la comprensión de los posibles efectos en la calidad de la caña y el medio ambiente. Por otra parte, se presume que los productores a menudo carecen de acceso a profesionales capacitados que puedan brindarles el apoyo necesario para implementar con éxito esta tecnología. La disposición a implementar estos productos es baja. Algunos productores pueden ser reacios a adoptar nuevas tecnologías, ya sea por desconocimiento, desconfianza o temor a los riesgos.

En consecuencia, Esta falta de conocimiento puede llevar a un uso ineficiente de los productos, con resultados no deseados o incluso contraproducentes. Asimismo, se presenta dificultad en la adopción de reguladores de crecimiento, disminución de la productividad y rentabilidad, reducción de la calidad de la caña, disminuyendo su contenido de sacarosa y dificultando su procesamiento, la combinación de un menor rendimiento y una menor calidad de la caña puede generar pérdidas económicas significativas para la empresa,

afectando su rentabilidad y su capacidad de inversión, lo que afecta la sostenibilidad y el acceso a los mercados.

De acuerdo a los señalamientos anteriores, surgen las siguientes interrogantes:

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto del Ziroco (*Fluazipop-p-butyl*) sobre el índice de maduración en dos variedades de caña de azúcar en la empresa Orion Agroinversiones del municipio Papelón, estado Portuguesa?.

1.2.2. Problemas específicos

¿Cuál es la tasa de maduración en las variedades FV 08-1938 y V 99-236 de caña de azúcar en la empresa Orion Agro inversiones del municipio Papelón, estado Portuguesa?

¿Cómo es la variación semanal de los grados brix de las variedades FV 08-1938 y V 99-236 posterior a su aplicación con Ziroco (FLUAZIPOP-P-BUTYL)?.

¿Qué efectividad tiene el Ziroco (FLUAZIPOP-P-BUTYL) en las variedades FV 08-1938 y V 99-236 de caña de azúcar en la empresa Orion Agroinversiones del municipio Papelón, estado Portuguesa?

1.3. Justificación

El cultivo de caña de azúcar y su industrialización figura dentro de las actividades económicas más importantes del sector agropecuario. Su comercialización y exportación dinamizan las economías locales y fortalecen la presencia de los países productores. A nivel empresarial representa un motor de desarrollo socioeconómico para las regiones productoras. Esta cadena de valor, al generar empleo y riqueza, impulsa el crecimiento de las comunidades y mejora la calidad de vida de sus habitantes.

En el contexto práctico, esta investigación se justifica ya que la aplicación de maduradores influye en el incremento de la concentración de sacarosa y la uniformidad de la madurez, aumentando el rendimiento de azúcar por unidades de áreas. Por tanto, al implementarse el uso de este producto permitiera demostrar su efecto en la zona de estudio y ser vitrina o modelo para el resto de los productores de la zona.

Desde el punto de vista técnico, el Fluzifop-butyl y el Cletodim se acumulan en las zonas de crecimiento afectando los tejidos meristemáticos en los nudos de los tallos y yemas, lo cual detiene el crecimiento en 48 horas. Los tejidos jóvenes en expansión y los meristemas resultan ser los más sensibles. El Ziroco (Fluzifop-P-butyl) es un producto químico con potencial para mejorar la maduración en caña de azúcar, aumentando la concentración de sacarosa.

La presente investigación se justifica por la necesidad de generar conocimiento técnico-científico sobre el efecto del Ziroco en dos variedades de caña de azúcar bajo las condiciones específicas de la empresa Orion Agroinversiones. Los resultados permitirán determinar la efectividad del producto como madurante, optimizando la producción de azúcar en términos de cantidad y calidad. Además, este estudio tiene implicaciones prácticas y científicas, ya que los datos obtenidos servirán como base para mejorar las estrategias de manejo agronómico en la región, incrementar la rentabilidad y sostenibilidad de las plantaciones de caña de azúcar, proporcionar a la comunidad agrícola información útil para replicar prácticas exitosas, contribuir al fortalecimiento del sector agroindustrial en el estado Portuguesa y, por extensión, en Venezuela.

Desde el ámbito metodológico, este estudio trasciende las necesidades específicas de Orion Agroinversiones y se proyecta como un aporte teórico significativo para futuras investigaciones en el campo de la producción de caña de azúcar. Al abordar un problema relevante como el uso de reguladores de crecimiento, esta investigación ofrece un marco metodológico sólido y resultados empíricos que pueden servir de base para otros estudios similares. La información recabada permite que otros investigadores puedan replicar este estudio en diferentes contextos y variedades de caña de azúcar, o bien, adaptar su metodología para abordar otras problemáticas relacionadas con este cultivo.

1.4. Objetivos de la Investigación

1.4.1. Objetivos General

Evaluar el efecto del Ziroco (*Fluazipop-p-butyl*) sobre el índice de maduración en dos variedades de caña de azúcar en la empresa Orion Agroinversiones del municipio Papelón, estado Portuguesa.

1.4.2. Específicos

- Establecer la tasa de maduración en las variedades FV 08-1938 y V 99-236 de caña de azúcar en la empresa Orion Agroinversiones del municipio Papelón del estado Portuguesa.
- Identificar la variación semanal de los grados Brix en las variedades FV 08-1938 y V 99-236 posterior a la aplicación con Ziroco (FLUAZIPOP-P-BUTYL).
- Determinar la efectividad del Ziroco (FLUAZIPOP-P-BUTYL) en las variedades FV 08-1938 y V 99-236 de caña de azúcar en la empresa Orion Agroinversiones del municipio Papelón del estado Portuguesa.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

Ha0: el Ziroco (Fluazipop-p-butyl) influye sobre en el índice de maduración en dos variedades de caña de azúcar en la empresa Orion Agroinversiones del municipio Papelón del estado Portuguesa.

Ho0: el Ziroco (Fluazipop-p-butyl) no influye sobre en el índice de maduración en dos variedades de caña de azúcar en la empresa Orion Agroinversiones del municipio Papelón del estado Portuguesa.

1.5.2. Hipótesis específicas

Ha1: es posible establecer una tasa de maduración en las variedades FV 08-1938 y V 99-236 de caña de azúcar en la empresa Orion Agroinversiones del municipio Papelón del estado Portuguesa

Ho1: no es posible establecer una tasa de maduración en las variedades FV 08-1938 y V 99-236 de caña de azúcar en la empresa Orion Agroinversiones del municipio Papelón del estado Portuguesa

Ha2: es posible identificar la variación semanal de los grados Brix de las variedades FV 08-1938 y V 99-236 posterior a la aplicación con Ziroco (FLUAZIPOP-P-BUTYL)

Ho2: la variación semanal de los grados Brix de las variedades FV 08-1938 y V 99-236 no es posible identificarla posterior a la aplicación con Ziroco (FLUAZIPOP-P-BUTYL).

Ha3: el Ziroco (FLUAZIPOP-P-BUTYL) tiene efecto positivo en las variedades FV 08-1938 y V 99-236 de caña de azúcar en la empresa Orion Agroinversiones del municipio Papelón del estado Portuguesa.

Ho3: el Ziroco (FLUAZIPOP-P-BUTYL) tiene efecto negativo en las variedades FV 08-1938 y V 99-236 de caña de azúcar en la empresa Orion Agroinversiones del municipio Papelón del estado Portuguesa.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En este apartado se presenta la revisión pertinente a los tópicos de teorías y revisiones bibliográficas que servirán para darle veracidad al trabajo de investigación. Hurtado, (2018) expresa que “es el proceso mediante el cual un investigador recopila, revisa, analiza, selecciona y extrae información de estudios anteriores, con el propósito de llegar al conocimiento y comprensión más profunda del mismo” (p. 90). A tales efectos, se señalan algunas investigaciones y estudios relacionados a la temática planteada, los cuales representan un aporte significativo en la elaboración del estudio presentado.

2.1. Antecedentes

Menocal, (2024) realizó una investigación titulada: “Respuesta de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) a la aplicación de silicato de sodio en su crecimiento y rendimiento, Potosí, Rivas, 2019-2020”, para la Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. Investigó la respuesta de la caña de azúcar al silicato de sodio en crecimiento y rendimiento, en condiciones de campo en Potosí, Rivas. Utilizando un diseño de bloques completos al azar, evaluó dosis de 0, 1.4 y 2.8 L ha⁻¹, midiendo diversas variables como altura, grosor de tallo, contenido de clorofila y rendimiento. Encontró diferencias significativas entre tratamientos para diámetro de tallo, clorofila, dimensiones de hoja, grados Brix, peso de tallo y volumen de jugo. Los tratamientos con silicato de sodio (1.4 y 2.8 L ha⁻¹) superaron al testigo en rendimiento industrial, con incrementos de 2% y 4% respectivamente.

Por otra parte, Nerio, y Becerra, (2022) realizaron una investigación titulada: “Evaluación de la aplicación de madurantes en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) a través de la tecnología DRONE”, para la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Colombia. Su estudio fue descriptivo mixto, donde evaluó esta tecnología para pequeños agricultores con áreas menores a 3 hectáreas, buscando mejorar la eficiencia y precisión en la aplicación de madurantes. Los investigadores destacaron la importancia de los madurantes para el rendimiento y concluyeron que los drones ofrecen una alternativa innovadora y precisa, especialmente en áreas con limitaciones técnicas y económicas. Esta tecnología apoya a los agricultores al mejorar la eficiencia y reducir costos, beneficiando

tanto a productores como a cultivos, y facilita prácticas agrícolas más modernas y sostenibles.

De igual manera, el trabajo de Álvarez, (2020) titulado: “Evaluación de productividad de dos variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) bajo tres distanciamientos de siembra; en Milagro-Guayas”, para la Universidad Agraria del Ecuador. Se evaluó la productividad de las variedades de caña de azúcar CC 85-92 y ECU-01 con tres distanciamientos de siembra en Milagro, Guayas. La investigación, realizada con caña planta a doble esqueje, utilizó un diseño factorial 2x3 y el método de Duncan al 5%. Los resultados indicaron que el distanciamiento óptimo para ambas variedades es de 1.6 metros, alcanzando alturas de 3.43 m y 3.45 m respectivamente. El distanciamiento de 1.8 metros influyó en el diámetro del tallo, logrando 2.74 cm (CC 85-92) y 2.61 cm (ECU-01). La mayor productividad a los 275 días se obtuvo con 1.4 metros, con un promedio de 113 ton/ha y 19° Brix para CC 85-92, y 106 ton/ha y 20° Brix para ECU-01.

En este contexto, Calderón, (2020) realizó una investigación titulada: Productividad de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) Var. CC 01-1940) mediante el deshoje artificial en Pradera Valle del Cauca, Colombia”, para la Universidad Nacional de Colombia. Este estudio evaluó el efecto del deshoje artificial en la variedad 'CC 01-1940' sobre la productividad. Se midieron variables como la curva de maduración, crecimiento de tallos, sacarosa %, rendimiento teórico, TCH y TAH. El diseño experimental fue al azar con dos tratamientos (con y sin deshoje) y repeticiones. Los resultados mostraron diferencias en sacarosa % caña y rendimiento teórico, demostrando la eficiencia del deshoje. Esto sugiere que el deshoje podría ser una práctica agronómica útil para mejorar la producción de caña de azúcar. Se concluye que el deshoje tiene un efecto fisiológico en el rendimiento y la sacarosa.

Plata *et al.* (1985) realizó una investigación titulada, Efecto de la aplicación de tres madurantes químicos en los rendimientos de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) variedad cp 57603 Se probaron dos dosis de Palado (1.2 y 1.7 kg/ ha). Dos de Polaris (8.0 y 6.0 kg/ha) y una de Roundup (1.5 l/ha) en la variedad CP 57603 de 9.8 meses. El ensayo se diseñó en bloques al azar con cuatro repeticiones, el tamaño de la parcela fue de 0.5 ha. Los

tres madurantes incrementaron los valores de pol, pureza, brix y azúcar recuperable; siendo el mejor tratamiento Polado 1.7 kg/ha con incrementos del 26% a las siete semanas de la aplicación. Polaris y Roundup tuvieron un comportamiento similar (aumento de 8 a 9% del azúcar recuperable). Los mayores incrementos se obtuvieron entre la séptima y octava semana, después de aplicados los madurantes.

La presente investigación fue realizada por Plata *et all.* (1985) donde se realizó en el Corporativo Santa Ana, S.A., Escuintla, con el Objetivo de evaluar cuatro madurantes en caña de azúcar, empleando la variedad MEX 79 – 431. Para el efecto se evaluaron las concentraciones recomendadas por casas comerciales de los madurantes, a través de un plan de aplicaciones realizadas vía aérea a cada parcela delimitada dentro de la parcela asignada. Se efectuaron muestreos pre-cosecha en cada parcela para llevar registros de respuesta del cultivo a cada uno de los madurantes aplicados. Los resultados obtenidos demostraron que el testigo respondió mejor, pudiendo ser por efectos de maduración natural del cultivo o por el tiempo de cosecha requerido por cada madurante aplicado.

2.2. Bases conceptuales

Consiste en la revisión de la literatura correspondiente a fin de extraer y recopilar la información relevante vinculada directamente con el planteamiento del problema y los objetivos descritos. Hernández, (2017) denota “Construir el marco teórico implica ir redactando su contenido, hilando párrafos y citando apropiadamente las referencias” (p. 64). Constituye la parte central de una investigación, debido a que explica el conocimiento de la temática.

2.2.1. Cultivo de caña de azúcar

El nombre científico es *Saccharum officinarum*, proveniente de la familia de las gramíneas, es conocida como caña de azúcar, caña dulce, cañamiel, entre otros. Fiallos, (2013), indica “En la actualidad se siembran distintas especies, también existen distintos cruces de muchas especies del género *Saccharum* que originan distintos híbridos” (p. 14). Este rubro forma parte de una de las familias más importantes del reino vegetal, tanto por su interés ecológico como agrícola, por lo que reúne a los cereales que conforman a dieta básica de gran parte de la humanidad.

La caña de azúcar experimenta un crecimiento vigoroso durante su ciclo vegetativo, acumulando biomasa y azúcares en sus tallos. La fotosíntesis es el proceso clave que impulsa este crecimiento, y factores como la radiación solar, la temperatura y la disponibilidad de agua influyen en su eficiencia. Dadas estas circunstancias, la caña de azúcar es una planta que permite una alta eficiencia fotosintética y un rápido crecimiento en condiciones de alta temperatura y radiación solar. Lo anterior lo afirma Gil, (2016) al expresar “la caña de azúcar es una especie tropical que alcanza su máxima productividad en áreas calientes. La temperatura, luz y humedad son los principales factores climáticos que controlan su crecimiento” (p. 80). Durante este ciclo, esta planta acumula sacarosa en sus tallos, que es el principal carbohidrato de reserva y el producto de interés comercial.

Su crecimiento y desarrollo se ven influenciados por factores ambientales como la temperatura, humedad, disponibilidad de agua y nutrientes, así como por factores genéticos propios de cada variedad. Pacheco, (2015) afirma “Un cultivo eficiente puede producir 100 a 150 toneladas de caña por hectárea por año (con 14% a 17% de sacarosa, 14% a 16% de fibra y 2% de otros productos solubles)” (p. 71). La maduración de la caña de azúcar se caracteriza por un aumento en la concentración de sacarosa y una disminución en el contenido de otros azúcares y compuestos. La es un cultivo de zonas tropicales o subtropicales del mundo. Requiere agua y suelos adecuados para crecer bien. Es una planta que asimila muy bien la radiación solar, teniendo una eficiencia cercana a 2% de conversión de la energía incidente en biomasa.

2.2.2. Manejo agronómico de la caña de azúcar

La caña de azúcar requiere suelos profundos, bien drenados y con buen contenido de materia orgánica. La preparación del suelo implica labores de arado, rastreo y nivelación para crear un lecho de siembra adecuado. Ésta se realiza mediante trozos de tallo (cogollos) que contienen yemas vegetativas. La calidad de la semilla es fundamental para asegurar una buena germinación y un crecimiento vigoroso. Torrado, (2015) indica “La densidad de siembra puede variar de acuerdo con el método, calidad de la semilla y distancia de siembra, la más utilizada está entre 7 y 10 yemas por metro” (p. 16).

En función de lo expresado, el autor añade que la caña de azúcar es un cultivo exigente en nutrientes, especialmente nitrógeno, fósforo y potasio. La fertilización debe basarse en el análisis de suelo y las recomendaciones técnicas para cada variedad y zona. El riego es esencial para asegurar un crecimiento óptimo, especialmente en regiones con déficit hídrico. Se utilizan diversos métodos de riego, como el riego por surcos, aspersión o goteo, adaptándose a las condiciones locales y la disponibilidad de agua.

Al margen de lo señalado, este cultivo es susceptible a diversas plagas y enfermedades que pueden afectar su rendimiento y calidad. Torrado, (2015) expresa “son varios los tipos de insectos que atacan la caña de azúcar entre los cuales se destacan los perforadores y defoliadores, generalmente son manejados con prácticas culturales de bajo impacto ambiental” (p. 18). En parafraseo del autor, se indica que el control de plagas y enfermedades debe ser integrado, combinando métodos preventivos (como el uso de variedades resistentes y prácticas culturales adecuadas) con métodos curativos (como la aplicación de productos fitosanitarios) cuando sea necesario.

2.2.3. Procesos de maduración y rendimientos

A medida que la caña de azúcar se acerca a la madurez, la acumulación de sacarosa en los tallos se incrementa, mientras que el contenido de otros azúcares y compuestos disminuye. Este proceso de maduración es influenciado por factores ambientales como la temperatura, la humedad y la disponibilidad de nutrientes, así como por factores genéticos propios de cada variedad. El índice de maduración, que relaciona el contenido de sacarosa con otros parámetros de calidad, es un indicador clave para determinar el momento óptimo de cosecha. Hernández Rosales, (2009) denota “Fisiológicamente, la maduración es un proceso metabólico en el cual la planta cesa su tasa de crecimiento y desarrollo vegetativo y empieza a acumular energía en forma de sacarosa en los tejidos parenquimatosos del culmo o tallo aéreo” (p. 64).

La madurez o maduración de la caña de azúcar es la culminación de procesos fisiológicos bifásicos que ocurren en los entrenudos individuales. En la primera etapa de maduración, solo se acumula alrededor del 50% de la sacarosa. La acumulación adicional de

sacarosa ocurre en la segunda fase de madurez y está tan estrechamente relacionada con la maduración. Sánchez, (2012) manifiesta “La respuesta de la caña de azúcar a los maduradores probados varía según la variedad, la tasa de aplicación, la etapa fisiológica del cultivo y los factores ambientales antes y después de la aplicación del madurador” (p. 39). El principal objetivo cuando se siembra caña de azúcar es obtener de ella la mayor cantidad de azúcar por tonelada de caña procesada. Los máximos rendimientos solamente pueden ser conseguidos, si la planta ha alcanzado su máximo potencial azucarero y la cosecha se realiza en su punto de óptima maduración.

2.2.4. Variedades de caña: FV08-1938 y V99-36

Las variedades de caña de azúcar se comportan de manera diferente en distintas condiciones de suelo, clima y manejo agronómico. Por consiguiente, es esencial evaluar nuevas variedades con el objetivo de seleccionar la de más alta producción de azúcar adaptada a una zona ecológica específica, variedad del suelo, manejo agronómico y clima. Con base en lo descrito, las variedades de caña de azúcar también juegan un papel importante en el aumento del rendimiento. Los programas de mejoramiento genético buscan desarrollar variedades que sean más productivas, resistentes a enfermedades y plagas, y que tengan una mejor calidad de jugo. Estas nuevas variedades pueden representar un avance significativo en el rendimiento de la caña de azúcar y contribuir a mejorar la eficiencia de la producción de azúcar.

Dadas estas circunstancias, el rendimiento de las variedades de caña de azúcar depende de múltiples factores. La selección de variedades adecuadas, implementación de prácticas de cultivo eficientes y la investigación continua son fundamentales para aumentar el rendimiento y garantizar la rentabilidad de la producción de azúcar. Particularmente la variedad FV08-1938, desarrollada por la Fundación Venezolana de Investigaciones Agrícolas (FUNDACAÑA), es un híbrido de caña de azúcar que se ha destacado por su alta productividad y adaptabilidad a diversas condiciones agroecológicas en Venezuela. Esta variedad se caracteriza por su tallo grueso y erecto, lo que facilita la cosecha y el transporte.

Además, presenta una buena resistencia a enfermedades como el carbón y la roya, lo que reduce las pérdidas por estas causas. FV08-1938 tiene un alto contenido de sacarosa y

un buen rendimiento de azúcar, lo que la convierte en una opción atractiva para los productores y la industria azucarera. Según estudios realizados por FUNDACAÑA, esta variedad ha mostrado un excelente comportamiento en diferentes regiones de Venezuela, superando a otras variedades en términos de rendimiento y calidad.

Por otra parte la variedad V99-36 V99-236, también desarrollada por FUNDACAÑA, es otro híbrido de caña de azúcar que ha ganado popularidad en Venezuela debido a su alta productividad y precocidad. Esta variedad se caracteriza por su rápido crecimiento y su corto ciclo de cosecha, lo que permite obtener rendimientos en menos tiempo. Presenta una buena tolerancia a la sequía y a suelos de baja fertilidad, lo que la hace adecuada para zonas con limitaciones hídricas o nutricionales. Además, tiene un buen perfil de resistencia a enfermedades y plagas, lo que reduce la necesidad de aplicar agroquímicos. Se caracteriza por un alto potencial de rendimiento y calidad, superando a otras variedades en condiciones de estrés ambiental.

2.2.5. Productos maduradores de la caña de azúcar

Los maduradores son en su mayoría reguladores sintéticos del crecimiento y especialmente herbicidas, que cuando se aplican en dosis muy bajas inducen un adelanto de la maduración al restringir químicamente el crecimiento, modificando las condiciones naturales de maduración e incrementando el contenido de azúcar en la cosecha. Silva, (2016) señala:

Los maduradores son reguladores de crecimiento que poseen la capacidad de producir cambios morfológicos y fisiológicos en el cultivo. Estos actúan sobre las invertasas, lo que propician el paso de los azúcares reductores (glucosa y fructosa) a sacarosa en la caña de azúcar, y reduciendo el crecimiento de la planta” (p. 16).

Con relación a la cita anterior, los madurantes son productos (químicos o naturales) que inducen una acumulación de sacarosa en la caña de azúcar por encima de la provocada por la edad, período de cosecha y otros factores ambientales y genéticos. La aplicación de maduradores químicos está dirigido a promover la maduración en cañas que se cosechan en los primeros dos tercios de la zafra, de noviembre a febrero; su principal ventaja es la de aumentar el Brix, Pol y pureza del jugo y por lo tanto concentran los niveles de sacarosa que

en determinados casos llegan hasta un 20%. Sáenz, (2014), especifica “Los productos más importantes utilizados como maduradores son: Fusilade (Propanoato Arílico Fluzifop-PButil), Roundop Max y SL (Glifosato ácido fosforoso), Select y Touchdown (Glifosato trimesium)” (p.45).

Son productos químicos o naturales que inducen una acumulación de sacarosa en la caña de azúcar por encima de la provocada por la edad, período de cosecha y otros factores ambientales. Villegas, (2023) indica que el rendimiento de un cultivo de caña que ha recibido la aplicación de un madurador, depende de “la variedad, el estado de cultivo en el momento de la aplicación, la dosis aplicada del producto, número de semanas transcurridas entre la aplicación del corte, condiciones climáticas” (p. 72). El autor sugiere que para optimizar el uso de maduradores en la caña de azúcar, es fundamental considerar cuidadosamente todos estos factores interrelacionados.

En correlación con la última fase, con la aplicación de maduradores en la caña de azúcar es posible obtener el máximo nivel de sacarosa en los tallos y reducir el período vegetativo del cultivo. Al respecto, Yah y Michel, (2017) determinan “La maduración química de la caña de azúcar tiene como objetivo acelerar la acumulación de sacarosa en los tallos para la cosecha cuando las condiciones climáticas del año de cultivo no son óptimas para la maduración natural” (p. 342). El autor refiere que la acumulación es un proceso de acumulación de sacarosa en los tallos en el cual los azúcares simples, glucosa y fructuosa se integran para formar la sacarosa.

Por otra parte el autor citado, hace referencia que en la etapa de maduración la planta de caña, disminuye su ritmo de crecimiento y comienza a acumular sacarosa en el tallo. En general, el proceso de maduración es gradual hasta llegar a un punto máximo, después del cual el contenido de sacarosa en los tallos de caña declina, la concentración de sacarosa en el jugo depende de varios factores como la oscilación de la temperatura entre el día y la noche (15°C), humedad del suelo o precipitación (30-100 mm/mes) y la luminosidad (11.5-12.5 horas luz) entre 4 y 6 semanas antes de la cosecha. Frente a esta formulación, Ruiz, (2015) afirma: “la etapa de maduración es la última del proceso, oscila entre 50 y 70 días de

duración. Cuando las condiciones naturales no son favorables para la maduración, es posible aplicar productos químicos como es el madurador” (p. 53).

Desde esta percepción, el sistema de producción de la industria de azúcar depende fundamentalmente del proceso de maduración de la caña de azúcar. Esta es una de las etapas más importantes y es determinante para lograr una buena producción en el cultivo de la caña de azúcar. Se busca incrementar la concentración de sacarosa, uniformizar la madurez, aumentando al máximo el rendimiento de azúcar. Estos madurantes de caña de azúcar son habitualmente productos herbicidas que a determinadas dosis se usan como reguladores del crecimiento, optimizando los procesos fisiológicos de la planta y aumentando la concentración de sacarosa en los tallos.

González, (2019) sostiene “la aplicación excesiva de fertilizantes químicos ha producido toxicidad de las aguas, contaminación de las aguas subterráneas, contaminación del aire, degradación del suelo y de los ecosistemas, desequilibrio biológico y reducción de la biodiversidad (p. 25). Por consiguiente, la aplicación de maduradores químicos puede alterar el equilibrio de los ecosistemas, afectando a insectos beneficiosos y otros organismos que cumplen funciones importantes en la polinización y el control de plagas.

En muchos países productores de caña se utiliza la maduración artificial, que consiste en proporcionar al cultivo ciertas condiciones para inducir su maduración, cuando éstas no se dan naturalmente, como, la reducción en la humedad del suelo, oscilaciones en la temperatura y precipitaciones. En complemento, González, (2019) refiere “La influencia en la temperatura tanto en el aire como en el suelo es muy importante en el desarrollo y producción de la caña de azúcar” (p. 26). Por tanto, esta temperatura, ejerce una influencia significativa en el desarrollo y la productividad de la caña de azúcar. Estos parámetros ambientales desempeñan un papel fundamental en la regulación de los procesos fisiológicos de la planta, incluyendo la acumulación de sacarosa en los tallos.

A pesar de la eficacia demostrada de la maduración artificial en otros países productores de caña de azúcar, en Venezuela su adopción es limitada, la aplicación de este tipo de reguladores ha sido poco investigada, particularmente en las variedades cultivadas en esta

región. Esto genera un vacío de información técnica que dificulta la toma de decisiones informadas por parte de los productores. Esta situación contrasta con la práctica común en otras regiones donde se busca optimizar la producción mediante el control de factores ambientales clave como la humedad del suelo, fluctuaciones térmicas y precipitaciones.

2.2.6. Fluazifop-p-butilo

Es un herbicida graminicida sistémico que se tranloca apoplásticamente, concentrándose en los puntos de crecimiento de las plantas y provocando la muerte. Sin embargo, Sáenz, (2014) expresa “también puede utilizarse como madurador en caña de azúcar cuando se aplica a dosis menores (de 0,1 a 0,3 L ha⁻¹)” (p. 47). El autor refiere que se absorbe rápidamente en la hoja y causa necrosis; debido a su acción herbicida, mata la yema apical. Por lo tanto, la caña de azúcar debe cosecharse entre 4-6 semanas después de la aplicación; existe el riesgo de pérdida de calidad de la materia prima si se excede este período.

Con base en estos señalamientos, se trata de un producto sistémico con presentación comercial en forma de concentrado emulsionable altamente selectivo para gramíneas. Actúa como inhibidor de los fosfolípidos y de la síntesis de los ácidos grasos que son componentes de la membrana celular. Es absorbido rápidamente a través de la superficie de las hojas y transportado por el xilema y el floema para acumularse en los meristemos apicales, rizomas y estolones de las gramíneas. En parafraseo de Saenz, (2014) este producto inhibe el crecimiento de la planta, los nudos y ápices se tornan necróticos y las hojas jóvenes presentan clorosis y cambios de pigmentación similares a los que se producen por senescencia.

En parafraseo del autor citado, actúa sobre la síntesis de la acetil-coenzima A (carboxilasa), por lo que los síntomas se manifiestan sobre los puntos de crecimiento. No ocasiona daños en la raíz y sólo actúa sobre puntos meristemáticos. Restringe el crecimiento de los tallos y se presenta crecimiento de brotes laterales y un anillo necrótico en la parte superior del tallo. No actúa sobre cultivos de hoja ancha ni ciperáceas. Crusciol, (2010) señala “En la mayoría de los suelos se degrada rápidamente por hidrólisis” (p. 62). El autor añade que la residualidad es ligeramente superior en suelos livianos y arenosos. La ocurrencia de lluvias una hora después de haber efectuado la aplicación del producto no

afecta su actividad. Es de toxicidad baja (grado IV) para los hombres, animales, microflora y la microfauna en el suelo.

Por tanto, es fundamental considerar las particularidades climáticas al momento de planificar la aplicación del Ziroco en esta zona, ajustando la dosis, momento de aplicación y técnica utilizada para asegurar la eficacia del producto y optimizar los resultados en la producción de caña de azúcar. Ante estos señalamientos, el uso de maduradores químicos en la agricultura se debe a diversas causas, entre las que destacan la necesidad de aumentar la productividad de los cultivos y mejorar la calidad de los productos cosechados. En muchos casos, estos productos permiten adelantar la cosecha, lo que puede ser esencial para evitar pérdidas por condiciones climáticas adversas o para aprovechar mejores precios en el mercado.

Además, pueden contribuir a uniformizar la maduración de los cultivos, lo que facilita la cosecha y el procesamiento de los alimentos. Otra causa importante del respectivo uso es la creciente demanda de alimentos a nivel mundial. Para satisfacerla, es necesario aumentar la producción agrícola y optimizar los procesos de cultivo. Por consiguiente, los maduradores químicos pueden ser una herramienta útil para lograr estos objetivos, debido a que permiten obtener mayores rendimientos y mejorar la calidad de los productos.

Sin embargo, es fundamental utilizar estos productos de manera responsable y sostenible, teniendo en cuenta sus posibles impactos en el ambiente y la salud humana. Algunos de estos productos pueden ser persistentes en el suelo y el agua, contaminando estos recursos y afectando a la flora y fauna. La aplicación de maduradores químicos puede alterar el equilibrio de los ecosistemas, repercuten en insectos y organismos que cumplen funciones importantes en la polinización y el control de plagas. Además, si se omiten las recomendaciones de uso y seguridad de los maduradores químicos, es posible la incrementación de riesgos de intoxicación. El uso excesivo o inadecuado de reguladores de crecimiento puede contaminar el suelo y las fuentes de agua, generando daños al ambiente y afectando la salud de las personas y los ecosistemas.

Si bien el uso de reguladores de crecimiento son compuestos químicos que se utilizan en la agricultura para influir en el desarrollo de las plantas. En el caso de la caña de azúcar, estos productos se aplican para acelerar el proceso de maduración y aumentar la concentración de sacarosa en los tallos, ofrecen la posibilidad de anticipar la cosecha y optimizar la planificación agrícola, su adopción se ve obstaculizada por una serie de factores antes descritos que limitan el acceso a esta tecnología por parte de los productores. Al respecto, Leggio, (2019) determina que:

La maduración favorece una adecuada acumulación de sacarosa en los entrenudos apicales (normalmente inmaduros) y provoca el desecamiento temprano del follaje, lo que permite efectuar un despuntado más alto (mayor producción cultural) y disminuir el contenido de materias extrañas que llega a fábrica (menos trash), mejorando la eficiencia global de la cosecha y la calidad de la materia prima (p. 90).

Con referencia a lo anterior, al inducir la maduración, se desencadena una serie de cambios en la planta. Uno de ellos es el secado temprano del follaje, lo que facilita la cosecha y permite realizar un corte más alto del tallo, lo que se traduce en una mayor cantidad de caña cosechada. Además, al secarse las hojas, se reduce la cantidad de materia extraña que se lleva a la fábrica, lo que mejora la eficiencia del proceso de producción de azúcar y la calidad del producto final. La maduración de la caña de azúcar es un proceso fundamental que impacta directamente en la calidad y cantidad del azúcar producido. Este proceso fisiológico permite que la planta acumule sacarosa, en los entrenudos apicales, que son las secciones más jóvenes y donde generalmente se concentra menos azúcar.

2.2.7. Mecanismo de acción del Fluazifop-p-butil en la maduración

El mecanismo de acción herbicida del Fluazifop-butil es igual al del Cletodim. Estos productos son capaces de inhibir la biosíntesis de lípidos específicos para gramíneas. A juicio de Crusciol, (2010) “actúan en el nivel de las enzimas que inhiben la acción de la carboxiltransferasa que pertenece al complejo enzimático de la Acetil-CoACarboxilasa, y este a la vez bloquea la formación de triglicéridos que se combinan para formar las membranas celulares” (p. 62). En parafraseo del autor citado, refiere que ésta es clave en la biosíntesis de ácidos grasos. Al inhibir esta enzima, el Fluazifop-p-butil interfiere con la

producción de lípidos esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas, lo que conduce a la muerte de las malezas susceptibles.

En el contexto de la maduración de la caña de azúcar, el Fluzifop-p-butil se utiliza en dosis y momentos específicos para regular el crecimiento de la planta y promover la acumulación de sacarosa en el tallo. Si bien no es un madurador de la caña de azúcar en el sentido tradicional, su capacidad para controlar el crecimiento de las malezas gramíneas puede tener un efecto indirecto en la maduración. Al reducir la competencia por nutrientes, agua y luz, el Fluzifop-p-butil puede favorecer un ambiente más propicio para la maduración de la caña de azúcar.

Hechas las consideraciones anteriores, el autor refiere que el uso de Fluzifop-p-butil en la caña de azúcar actúa como inhibidor de los fosfolípidos y de los sistemas de los tejidos grasos que son componentes de la membrana celular. Es absorbido rápidamente a través de la superficie de las hojas y transportado por el xilema y el floema para acumularse en los meristemos apicales, los rizomas y los estolones de las gramíneas, inhibe el crecimiento de la planta, los nudos y ápices se tornan necróticos y las hojas jóvenes presentan clorosis, y cambian de pigmentación similares a los que se producen por senescencia. Actúa sobre la síntesis de la Acetil-coenzima A (carboxilasa), por lo que los síntomas se manifiestan sobre los puntos de crecimiento.

2.2.8. Requerimientos de Clima para la aplicación del Fluzifop-p-butil

El Fluzifop-p-butil, como herbicida sistémico utilizado en el cultivo de caña de azúcar, requiere condiciones climáticas específicas para su aplicación efectiva. Se recomienda evitar la aplicación en días de viento fuerte, por lo que puede causar deriva del producto y afectar a cultivos vecinos. La radiación solar intensa puede aumentar la volatilidad del herbicida, resulta preferible aplicar en las primeras horas de la mañana o al final de la tarde, cuando la temperatura es más fresca y la radiación solar es menor. La temperatura es un factor fundamental Villegas, (2023) indica

El herbicida funciona mejor en un rango de temperatura entre 15°C y 30°C. Temperaturas por debajo de 15°C pueden reducir la eficacia del producto, mientras que temperaturas por encima de 30°C pueden aumentar el riesgo de volatilidad y deriva, afectando negativamente a cultivos no objetivo (p. 34).

De acuerdo a las sugerencias del autor antes citado, se suma la humedad la cual juega un papel importante en la aplicación de Fluazifop-p-butyl. Se recomienda aplicar el herbicida en condiciones de humedad adecuada, preferiblemente después de una lluvia o riego ligero, cuando las malezas están creciendo activamente. La humedad permite que el herbicida se absorba y se trasloque de manera más eficiente dentro de la planta, maximizando su efecto. Sin embargo, es importante evitar la aplicación en condiciones de lluvia intensa o encharcamiento, ya que esto puede lavar el producto y reducir su eficacia.

2.3. Definición de términos básicos

Caña de azúcar (*Saccharum spp.*): Hernández-Pérez, (2021) señala que “es uno de los cultivos más importante a nivel mundial debido a que proporciona alrededor del 80% del azúcar que se consume en todo el mundo” (p. 33).

Fluazifop-p-butyl: se define como un herbicida graminicida sistémico que, en dosis bajas, se utiliza como madurador para inducir la acumulación de sacarosa en caña de azúcar. Actúa inhibiendo la biosíntesis de lípidos específicos de gramíneas (Crusciol et al. 2010).

Grados Brix: Es una medida técnica utilizada en la industria azucarera para determinar el contenido de sólidos solubles totales en una solución acuosa, expresados en términos de porcentaje. Es una medida importante porque indica la concentración de azúcares presentes

en el jugo de la caña, lo cual es fundamental para evaluar la calidad y el rendimiento de la materia prima en la producción de azúcar.

Maduración de la caña de azúcar: Braganti, (2010) lo refiere “como un estado senescente, entre el crecimiento rápido y la muerte final de la planta. Es la fase fisiológica de la caña de azúcar que proporciona un rendimiento económico (p. 54).

Maduradores químicos: Leggio, (2019) menciona que son sustancias utilizadas para acelerar o inducir la maduración de la caña de azúcar cuando las condiciones naturales no son óptimas. Promueven la acumulación de sacarosa y reducen el crecimiento vegetativo (p. 15).

Refractómetro: Mehrotra y Siesler, (2003) define los °Brix de la caña de azúcar midiendo un índice de refracción de muestras de jugo, que está relacionado con la composición del material en las muestras. Este equipo es relativamente económico y se ha utilizado para la determinación rápida de °Brix en jugos y jarabes. Sin embargo, este método requiere un tiempo de preparación de 5-20 minutos antes de que se puedan analizar las muestras de jugo (p. 51).

Sacarosa: Velásquez, (2014) señala que la glucosa es un monosacárido con fórmula molecular $C_6H_{12}O_6$, la misma que la fructosa pero con diferente posición relativa de los grupos $-OH$ y $O=$. Es una hexosa, es decir, que contiene seis átomos de carbono, y es una aldosa, esto es, el grupo carbonilo está en el extremo de la molécula (p. 35).

Azúcares reductores: Mendoza et al. (2022a), menciona que la relación Sacarosa-Glucosa. Representa un parámetro de madurez importante ya que, al madurar la caña, los azúcares reductores se transforman a Sacarosa por deshidratación. La relación se mantiene baja cuando la caña está en crecimiento, pero debe aumentarse conforme se acerca su madurez fisiológica, un valor 8 o mayor, preferiblemente se considera bueno para lograr altos rendimientos.

Porcentaje de fibra: Mendoza et al. (2022b), afirman que en caña la fibra en exceso afecta el azúcar recuperable y disminuye la cantidad de jugo en la caña.

Porcentaje de Humedad Caña y sección del tallo: Mendoza et al. (2022c), mencionan que es el factor de decisión más importante para otorgar la prioridad de corte, el lote de menor humedad será el primer candidato.

Programación por °Brix: Mendoza et al. (2022d), afirma que mediante un refractómetro se obtiene la lectura de °Brix de Jugo de los tercios superior, medio e inferior, el jugo se extrae picando un punzón de tallos, el punto de madurez se determina cuando las tres lecturas tienen valores semejantes, es decir el resultado se aproxima a uno, el grado de aproximación indica su nivel de maduración Fuente especificada no válida.

Metodologías para medir la maduración de la caña de azúcar: Mendoza et al. (2022e), señala que el control de madurez de la caña consiste en el análisis practicado a muestras representativas de la plantación comercial tomadas periódicamente, con el fin de conocer la concentración de sacarosa de sus jugos y determinar consecuentemente su grado de maduración y poder establecer una fecha de corta valedera. Existen diferentes tipos de metodología para determinar la madurez de la caña en los cuales básicamente difieren en exactitud y dificultad.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización del área de estudio

La investigación se llevó a cabo en la empresa Orion Agroinversiones, se encuentra ubicada a 15 kilómetro del municipio papelón, estado portuguesa, Venezuela ($8^{\circ} 50' 53''$ N y $69^{\circ} 33' 15,6''$ W). Orion es una empresa productora de caña de azúcar con una extensión de terreno de 3401 ha que lleva 40 años en este rubro. La precipitación anual se aproxima 1508 mm, 90% de la precipitación ocurre entre los meses de abril a octubre La topografía del terreno es plana 157 msnm, ver figura 1 y 2.

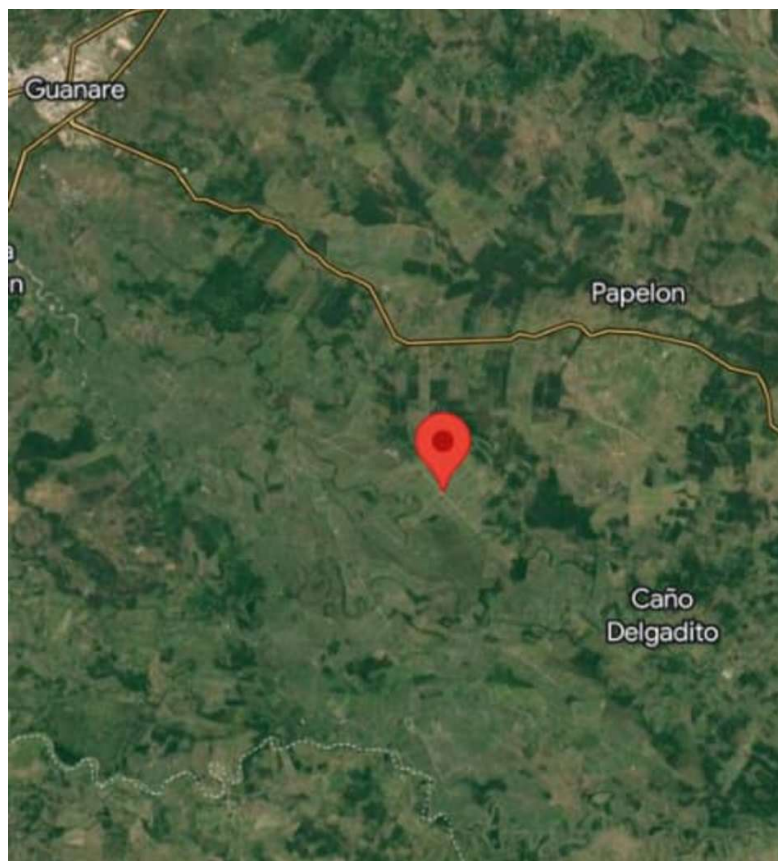


Figura 1. Ubicación del área de estudio

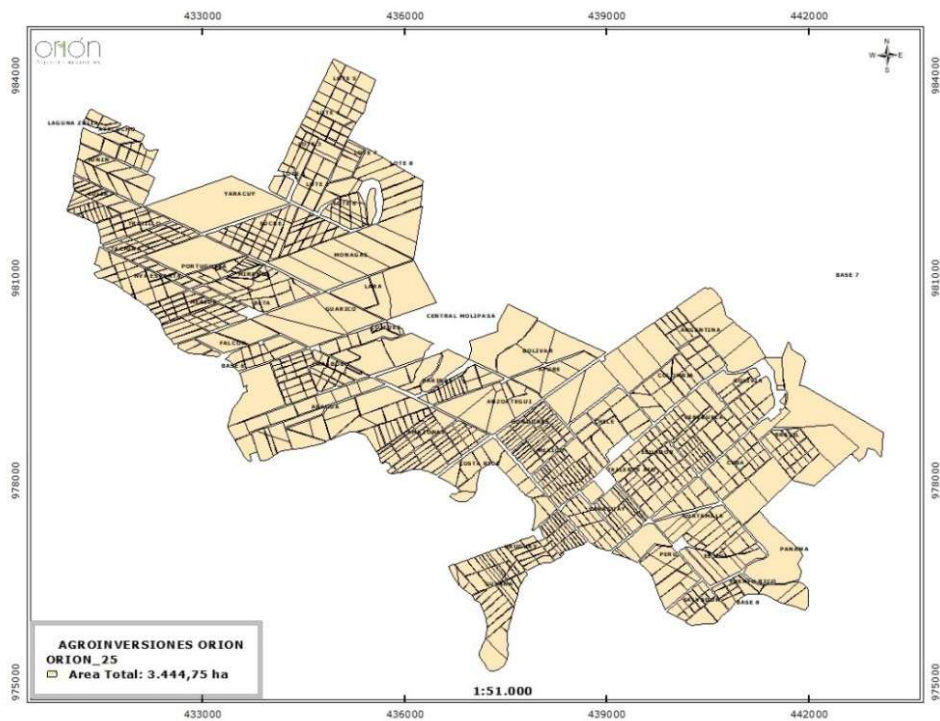


Figura 2. Delimitación de la empresa Agro inversiones Orión

3.2. Metodología empleada

3.2.1. Diseño de la Investigación: La investigación se clasifica como un trabajo experimental de campo con enfoque cuantitativo y nivel explicativo (Párraga, 2007), debido a que se requiere la explicación de un efecto en condiciones de campo, mediante el uso de tratamientos.

La investigación experimental, es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos, a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente)” (Arias et al. 2012).

3.3. Materiales

3.3.1. Materiales genéticos

Variedades de caña de azúcar seleccionadas para el estudio: V 99-236 y FV 08-1938.

Herbicida químico: Ziroco (Fluazifop-P-butyl).

3.3.2. Materiales e Instrumentos

Se utilizaron los siguientes equipos y materiales:

Para la Aplicación del Madurante:

Dron Topxgun FP300:

Capacidad: 30 L.

Cobertura: 2 ha por vuelo.

Velocidad de aplicación: 7 m/s.

Madurante Siroco: Dosis aplicada de 0.5 L/ha.

Hora de aplicación: 7pm. Esa hora la velocidad del aire es muy baja o casi nula

Para la Toma de Muestras:

Refractómetro para medir el “grado brix” en los tallos de caña.

Material de registro: tabla, lápiz, papel y planilla de muestreo.

Instrumentos complementarios: guía y tasa de maduración (según protocolo interno).

3.3.3. Insumos

Agua para la dilución del madurador.

3.3.4. Equipos

Dron agrícola.

Refractómetro: Instrumentos usado para medición de parámetros como grados Brix y el índice de maduración.

Software estadístico (SPSS v.26.0) para el análisis de datos obtenidos.

Cámara fotográfica

Lapto o computadora de mesa

3.4. Población y Muestra

Población: 3402 ha de caña de azúcar sembradas

Muestra:

Población del lote argentina:

Tablón 12: 3,53ha de caña de azúcar sembrada

Tablón 13: 3,45ha de caña de azúcar sembrada

Población del lote chile:

Tablón 6: 2,86 ha sembradas de caña de azúcar

Tablón 7: 9,64ha de sembradas de caña de azúcar

Tratamiento:

Aplicado lote argentina tablón 12 se le aplico 0,5 L/ha de ziroco

Sin aplicar lote argentina tablón 13 no se le aplico ziroco

Aplicado lote chilo tablón 7 se le aplico 0,5L/ha de ziroco

Sin aplicar lote chele tablón 6 no se le aplico ziroco

3.5. Procedimientos

3.5.1. Selección del material a evaluar

Se seleccionó la etapa de maduración del cultivo, que corresponde al periodo de acumulación de sacarosa en el tallo, previo a la cosecha. Este periodo abarca entre 4 y 6 semanas antes de la cosecha, cuando las condiciones climáticas y fisiológicas son óptimas para evaluar la efectividad del madurador. Iniciando en el mes de Octubre (23-10-2024) y se culminó en el mes de Diciembre (17-12-2024).

3.5.2. Selección de lotes y tablones

En esta investigación se estudiaron dos variedades (V 99-236) y (FV 08-1938) de caña de azúcar al aplicar madurador químico por un periodo de cuatro semanas previo a la cosecha.

Lote Argentina: variedad (FV 08-1938), constituido por dos tablones, un (1) tablón testigo y uno (1) con aplicación de madurante.

Lote Chile: variedad (V 99-236), conformado por dos tablones, un (1) tablón testigo y uno (1) con aplicación de madurante.

3.5.3. Criterio de muestreo dentro de las Parcelas

En cada una de las cuatro parcelas se definieron cuatro puntos de muestreo, ubicados a 10 metros hacia el interior de la parcela. Esta medida se implementó para evitar la posible variabilidad en el desarrollo de la caña de azúcar presente en las zonas limítrofes (orillas), que pueden presentar comportamientos diferentes al del centro del cultivo.

3.5.4. Selección de Tallos:

En cada uno de los cuatro puntos se seleccionaron seis (6) tallos de caña de azúcar tomando dos (2) tallos por cepa los cuales fueron etiquetados para evitar confusiones al momento de la toma de muestras, posteriormente en cada tallo se tomaron muestras en la parte inferior y superior del tallo, con el fin de obtener una muestra representativa de la condición de maduración y grados Brix.

3.5.5. Preparación del madurador

- Acondicionamiento del pH del agua, se utilizó el producto cosmoaguas para llevar el pH de 7 a un rango de 4 a 5 utilizando una proporción de 1gr/L.
- Se equipa el dron con 29,5 Litro de agua y se completa con 0,5 litros de producto.
- Se eleva el dron el cual hace la aplicación por un aproximado de 10 min que es lo estimado para una batería cubriendo una superficie de 2 hectáreas por vuelo.

3.5.6. Aplicación del Madurante

En el tablón de tratamiento de cada lote se aplicó el madurante Ziroco a una dosis de 0.5 L/ha, utilizando el dron Topxgun FP300 q tiene una capacidad de 30 L y a una velocidad de 7mt/s abarca dos 2 ha. La aplicación se realizó en el horario de 6:00 p.m. a 7:00 p.m., ya que este intervalo se recomienda por la disminución de la velocidad del viento, lo que favorece una mayor eficiencia en la dispersión del producto (García & Ramírez, 2020), en la tabla 1, se aprecia los conformación de la aplicación del producto.

Tabla 1. Aplicación del madurante en los lotes seleccionados

Tratamiento de siroco	
T0 Argentina	Aplicado
T0 Argentina	No Aplicado
T1 Chile	Aplicado
T1 Chile	No Aplicado

Fuente: Carreño y Torres, (2025)

3.5.7. Distribución de los tratamientos

En la figura 3, se observa la aplicación del madurante Ziroco (0.5 L/ha) en el lote Chile y Argentina, seleccionado de color azul mientras que el color rojo es el testigo.

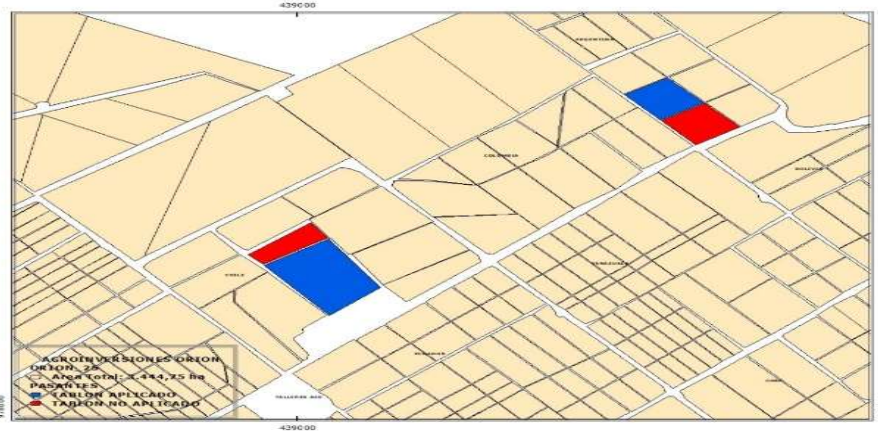


Figura 3. Distribución de los tablones de estudio.

3.5.8. Definición de Puntos de Muestreo:

En cada tablón, se marcaron cuatro puntos con la aplicación Avenza Maps, a 10 metros de la orilla del tablón, con el fin de garantizar la uniformidad en la toma muestras para evitar las variaciones morfométricas y fisiométricas en el desarrollo de la caña que se encuentra a la orillera del tablón, como se puede observar en la figura 4 para la variedad Argentina y 5 para la variedad Chile, donde los puntos de color azul se aplicaron el producto y los de color rojo son testigo.

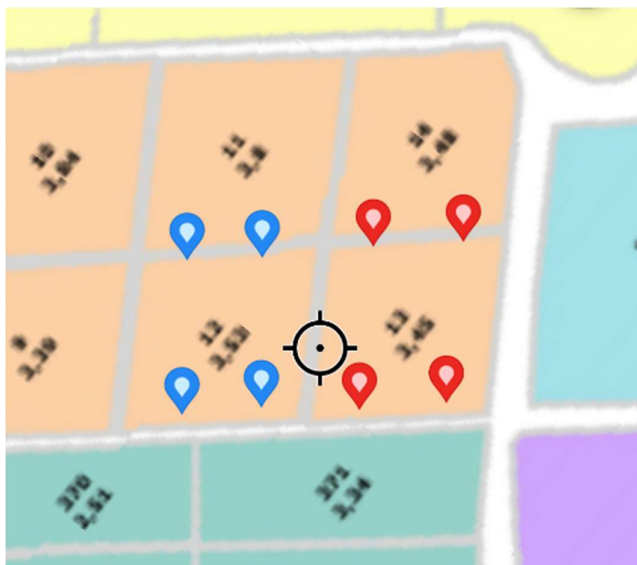


Figura 4. Representación de las tomas de muestras en las variedad Argentina.

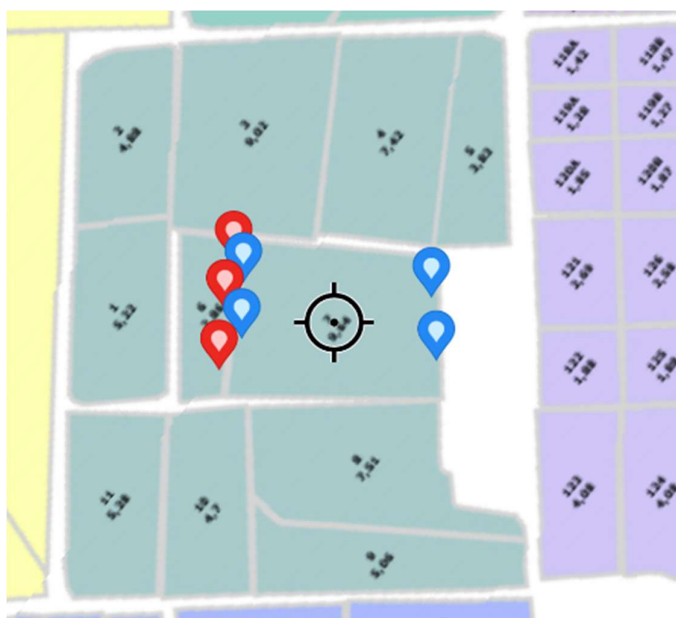


Figura 5. Representación de la toma de muestras en la variedad Chile.

3.5.9. Recolección de datos

Para el proceso de recolección de datos, se empleó la técnica de observación, se desarrolló una semana después de que se aplicó el madurante, para cada tallo seleccionado se realizó la toma de muestras perforando el tallo de caña en la parte inferior y superior con una toma muestra (chuso), extrayendo una gota de jugo de caña para luego ser observado en

el refractómetro indicando los “grados Brix” (medida de la concentración de azúcares), esto se evidencia en la figura 6.



Figura 6. Recolección de la muestra de estudio

Mientras que para el instrumento de recolección de datos, se utilizó la planilla de muestreo, junto con observaciones relevantes del estado de maduración. Se observó después de la semana dos (2), que algunos tallos tenían presencia de hongos debido a la perforación del chuso, motivo por el cual se cambiaba el tallo afectado por otro de la misma cepa. La toma de datos, fueron semanales durante 5 semanas hasta que la caña fue cosechada.

3.6. Análisis de Datos

Una vez recopilados los datos, se procedió a su análisis mediante procedimientos de estadísticos descriptivos, basado en la determinación de promedios y desviaciones típicas, para los grados Brix y el índice de maduración promedio por tratamiento y variedad de las 5 semanas sobre plantas del cultivo Caña de azúcar.

3.6.1. Métodos estadísticos aplicados

Los resultados obtenidos de las mediciones, fueron procesados, con el software estadístico SPSS ver. 26.0 mediante las siguientes técnicas.

1. Promedios y desviaciones estándar para la descripción de parámetros cuantitativos.

2. Análisis de la varianza para modelo de clasificación de doble clasificación (Tratamiento y Variedad), con medidas repetidas en el tiempo (Semana), aplicado a las variables: Grados brix e Índice de maduración.

3.6.2. Modelo lineal aditivo

$$X_{ijk} = \mu + \beta_j + \tau_i + \gamma_k + (\gamma\tau)_{ik} + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

X_{ijk} : Representa una observación cualquiera de las variables medidas

μ : Efecto de la media general

τ_j : Efecto de tratamiento (Madurador)

β_j : Efecto de la Variedad

$(\gamma\tau)_{ik}$ = Error intra sujeto

ϵ_{ijk} : Error experimental

3.6.3. Pruebas estadísticas aplicadas

Pruebas de Shapiro y Wilk y de Bartlett para verificar el cumplimiento de los supuestos del análisis de la varianza.

Prueba TUKEY para clasificar los grupos de medias entre tratamientos, Variedades, semanas e interacciones dobles.

Programa: Software estadístico SPSS ver. 26

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico descriptivo, se realizo empleando el programa software estadístico SPSS ver. 26.0 basado en la determinación de promedios y desviaciones típicas, para los grados Brix y el índice de maduración promedio por tratamiento y variedad de las 5 semanas sobre plantas del cultivo Caña de azúcar, esto se puede visualizar en la tabla 2, Indicaron valores promedio de grados Brix, ligeramente superiores en las cañas tratadas con madurador, mientras que el Índice de maduración no parece variar entre los tratamientos. Por otro lado, entre variedades no parece haber diferencias de grados Brix ni de Índice de maduración.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de las variables evaluadas en plantas del cultivo Caña de azúcar.

Variable	Tratamiento		Variedad	
	0	1	1	2
Grados Brix	18,93 ± 1	19,8 ± 1	19,3 ± 1	19,4 ± 1
Índice de maduración	0,96 ± 0,07	0,95 ± 0,1	0,96 ± 0,1	0,95 ± 0,08
Falta de Normalidad (Shapiro y Wilk)	de W= 0,98 ns	de W= 0,97 ns		
Falta de Homogeneidad (Bartlett)	de χ^2 . 0,96 ns	de χ^2 . 0,44 ns		

Fuente: Carreño y Torres, (2025)

Los gráficos 1 y 2, ilustran variaciones bajas dentro de tratamiento y variedad, y solo en la variedad 2 se apreciaron dos valores atípicos, lo que sugirió la evaluación estadística adecuados de los supuestos del ANAVAR, para poder garantizar la precisión de las interpretaciones correctas de las diferencias entre tratamientos; al respecto, las pruebas de falta de Normalidad (Shapiro-Wilk) y heterogeneidad de varianzas (Bartlett) no indicaron violación de supuestos del ANAVAR, por lo que se procedió a la aplicación de esta prueba estadística para validar las posibles diferencias entre tratamiento y variedad, a la luz de la incertidumbre.

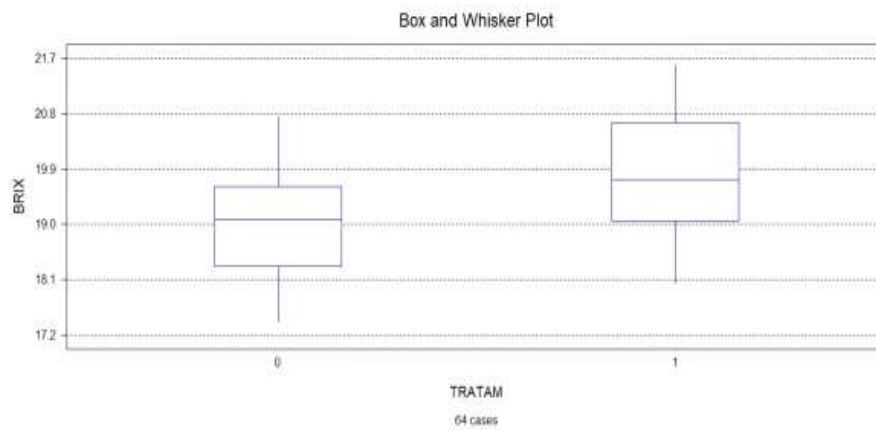


Gráfico 1. Comportamiento de las mediciones de grados Brix en los dos tratamientos (Con y sin madurador).

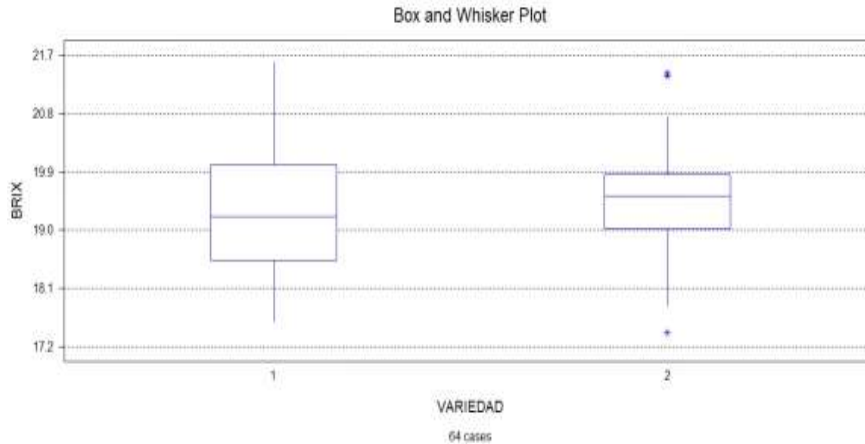


Gráfico 2. Comportamiento de las mediciones de grados Brix en dos variedades (Con y sin madurador)

Los resultados del ANOVA, se presentan en la tabla 3, donde indica diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) entre tratamientos con respecto a los grados Brix, mientras que las variedades, mantuvieron promedios homogéneos, sin diferencias significativas ($P > 0,05$).

Por otro lado, no se observaron diferencias significativas ($P > 0,05$) del Índice de maduración entre tratamientos ni en los grados Brix, indicando con esto, que las variedades responden de la misma manera al tratamiento con madurador y el índice de maduración se mantiene independiente de los tratamientos y de las variedades, ya que las cañas maduran con ritmos similares aun cuando no son tratadas (Tabla 3 y grafico 4), mientras que los grados brix, si resultaron superiores.

Tabla 3. Resumen de la aplicación del ANAVAR para los grados Brix e Índice de maduración en plantas de Caña de azúcar.

Fuente de variación	de	G. Brix	I. madur.
Tratamiento		34,26 **	0,38 ns
Variedad		0,33 *	1,05 ns
Semana		22,70 **	8,25 **
Int. Var*tratam		3,63 *	2,05 ns

Int.	0,72 ns	0,25 ns
Tratan*Semana		
Int. Var*tratam	1,73 ns	4,78 **
CV%	3,26	3,86

Nota: ns: significa que no hay diferencias significativas ya que $P > 0,05$ entre fuentes de variación; *, significa que hay diferencias significativas ya que $P < 0,05$ y **; Diferencias altamente significativas ya que $P < 0,01$.

Fuente: Carreño y Torres, (2025)

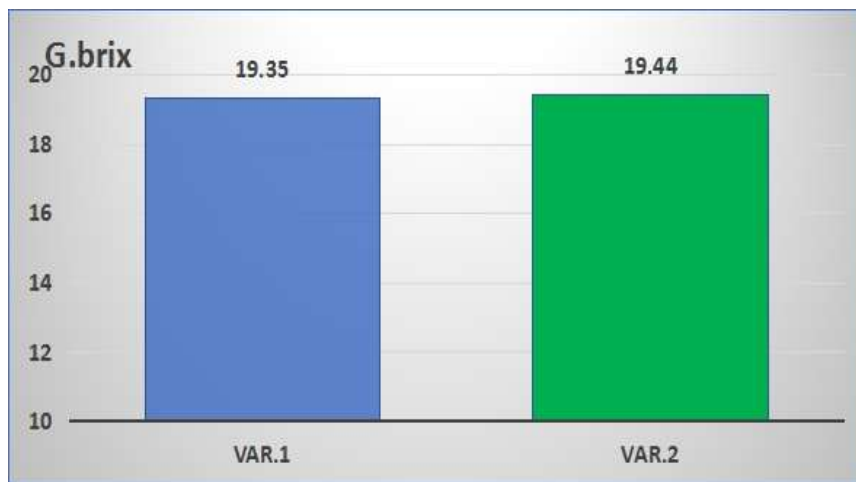


Gráfico 3. Promedios de grados Brix por Variedad, a lo largo del tiempo

Los resultados obtenidos en este trabajo concuerdan con los obtenidos por Sáenz et al. (2014), en su evaluación de cuatro madurantes en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en la variedad MEX 79-431. Diagnóstico y servicios realizados en el grupo corporativo Santa Ana. SA. Donde los resultados obtenidos, demostraron que el testigo respondió mejor pudiendo ser por efecto de maduración natural (agosto) o por el tiempo de cosecha requerido por cada madurante, esto nos indica que en la tasa de maduración no se observó un incremento al aplicar el madurante teniendo similitud con los resultados observados en esta investigación.

En las cañas tratadas, representadas en la tabla 4 y gráfico 4, se muestran los resultados donde señalaron que la aplicación de maduradores tiene un efecto importante sobre la

acumulación de azúcar con 19,9 grados Brix, en comparación con 18,9 grados del grupo no tratado, y este resultado se mantuvo independiente de la variedad utilizada en este estudio.

Tabla 4. Resumen de la aplicación de prueba de Tukey para los grados Brix e Índice de maduración en plantas de Caña de azúcar, de dos tratamientos de maduración.

	Tratamiento		Variedad	
	0	1	1	2
Grados Brix	18,9	19,9 a	19,35	19,44 a
	b		a	
Índice de maduración	0,96 a	0,95 a	0,96	0,95 a
	a			

Fuente: Carreño y Torres, (2025). NOTA, letras distintas en una columna indica promedios diferentes, con a como grupo superior.

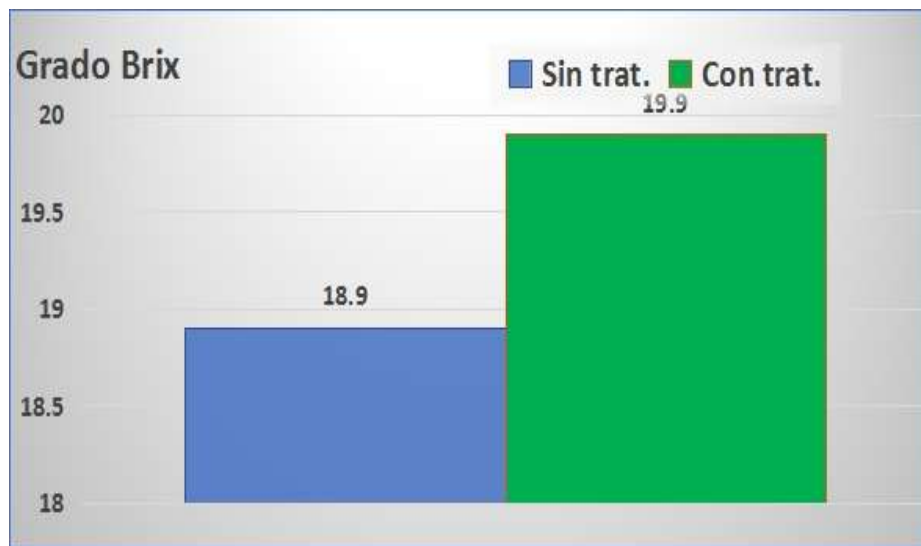


Gráfico 4. Promedios de grados Brix por tratamiento, a lo largo del tiempo

Cuando se consideraron los cambios de grados Brix e índice de maduración en el tiempo, se observaron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), tal como es normal en el proceso natural de maduración de las cañas, con incrementos más o menos progresivos entre la primera y última semana evaluada, lo cual se evidencia en la tabla 5.

Tabla 5. Pruebas de medias MDS de rangos, para comparación entre tratamientos, con promedios combinados en las 5 mediciones

Semana	G. Brix	I. maduración
1	----	----
2	18,8 c	0,92 c
3	18,9 b	0,94 bc
4	19,2 ab	0,97 a
5	20,5 a	0,98 a

Fuente: Carreño y Torres, (2025). NOTA, letras distintas en una columna indica promedios diferentes, con a como grupo superior.

Cuando se consideraron las interacciones significativas del tabla 3, se pudo observar que aunque no reportaron diferencias generales entre variedades, la magnitud de la respuesta a la aplicación del madurador es más consistente en la variedad 1, el cual se puede observar en el gráfico 5. Por otro lado, la otra interacción que resultó significativa (Tabla 3) fue la de Variedad por semana mostrado en el gráfico 6. Indicando claramente, que la variedad 1 resultó más lenta en mostrar la respuesta al madurador, siendo inferior las dos primeras semanas; sin embargo, en la tercera semana superó a la variedad 2, confirmando el resultado de la primera interacción.

Los resultados obtenidos en este trabajo coinciden con los obtenido por Plata *et al.* (1985) quienes evaluaron el efecto de la aplicación de tres madurantes químicos en los rendimientos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Donde se observó que los tres madurantes incrementaron los valores de pureza, Brix y azúcar recuperable en un 26% a las 7 semanas después de la aplicación.

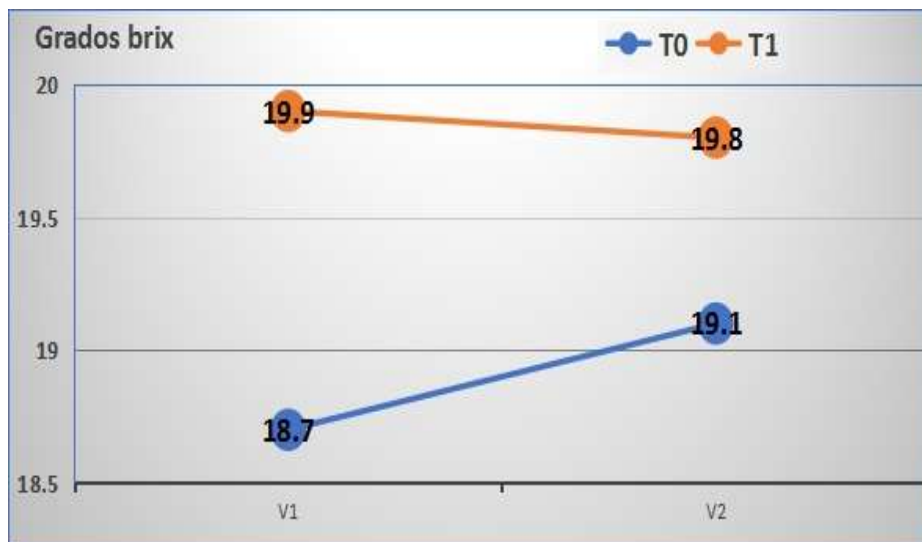


Gráfico 5. Promedios de Grados Brix por tratamiento en cada variedad post-tratamiento (Interacción tratamiento*Variedad)



Gráfico 6. Promedios de Índice de maduración de cada variedad en cada semana (Interacción Variedad*Semana).

Contrastación de hipótesis

Hipótesis general

Ho0: el Ziroco (Fluazipop-p-butyl) no influye sobre en el índice de maduración en dos variedades de caña de azúcar en la empresa Orion Agroinversiones del municipio Papelón del estado Portuguesa.

Esta hipótesis se contrasto mediante ANOVA con la prueba F.Y los resultados (ns). Indica que se acepta la hipótesis nula (Ho0) y se interpreta con lo que está en el texto. Que no se encontraron diferencias significativas en las dos variedades en el índice de maduración.

Hipótesis específicas

Ho1: no es posible establecer una tasa de maduración en las variedades FV 08-1938 y V 99-236 de caña de azúcar en la empresa Orion Agroinversiones del municipio Papelón del estado Portuguesa.

Esta hipótesis se contrasto mediante ANOVA con la prueba F.Y los resultados (ns). Indica que se acepta la hipótesis nula (Ho1) y se interpreta con lo que está en el texto. Que no se encontraron diferencias significativas en las dos variedades en el índice de maduración. Porque no hubo un margen de diferencia entre el índice de madurez y entre margen de la variedades en semanas de aplicación, ya que $P > 0,05$.

Ha2: es posible identificar la variación semanal de los grados brix de las variedades FV 08-1938 y V 99-236 posterior a la aplicación con Ziroco (FLUAZIPOP-P-BUTYL)

Esta hipótesis se contrasto mediante ANOVA con la prueba F.Y los resultados (**). Indica que se acepta la hipótesis alternativa (Ha2) y se interpreta con lo que está en el texto. Que si se encontraron diferencias altamente significativas en las dos variedades. Se acepta la Ha2 porque si hay variación altamente significativa entre las semanas de aplicación y significativa entre variedades $P < 0,01$.

Ha3: el Ziroco (FLUAZIPOP-P-BUTYL) tiene efecto positivo en la acumulación de sacarosa en las variedades FV 08-1938 y V 99-236 de caña de azúcar en la empresa Orion Agroinversiones del municipio papelón del estado portuguesa.

Esta hipótesis se contrasto mediante ANOVA con la prueba F.Y los resultados (*). Indicando que se acepta la hipótesis alternativa (Ha3) y se interpreta con lo que está en el texto. Que si se encontraron diferencias significativas en las dos variedades. Se acepta la Ha porque si hubo un efecto positivo, en los grados Brix de la variedad FV 08-1938 y V 99-236, ya que $P < 0,05$ al existir una diferencia significativa.

CONCLUSIONES

El resultado de efecto del Ziroco (*Fluazipop-p-butyl*) sobre el índice de maduración en dos variedades de caña de azúcar en la empresa Orion Agroinversiones del municipio Papelón, estado Portuguesa, no tuvo significancia sobre el índice de maduración en las variedades (FV 08-1938) y (V 99-236) ya que Int. Var*tratam 2,05 ns. El ensayo fue directamente condicionado por las precipitaciones ocurridas entre los meses de octubre y noviembre, ya que el periodo de inicio de zafra para el ciclo 2024-2025 se efectuó el 25 de noviembre, lo cual condujo a que de forma natural no ocurriese el agoste de la caña para acelerar su maduración e incrementar los niveles de sacarosa y Brix.

Al comparar el efecto del madurante entre la variedad FV 08-1938 y V99-236 en las cuales se aplicó el madurante, se puede observar que no existe diferencia entre ambas; sin embargo, existe una respuesta con respecto a las no aplicadas, donde se aprecia que hubo un (1) punto de grados Brix por encima de las mismas en ambos casos.

La variación semanal de los grados Brix en las variedades FV 08-1938 y V 99-236, posterior a aplicación con Ziroco (FLUAZIPOP-P-BUTYL), mostró claramente que la variedad 1 resultó más lenta en mostrar la respuesta al madurador, siendo inferior las dos primeras semanas; sin embargo, en la tercera semana superó a la variedad 2, confirmando el resultado de la primera interacción.

RECOMENDACIONES

Evaluar en comportamiento de estas variedades, con distintas dosis de producto debido a que el ensayo fue ejecutado con una sola dosis.

En el lote argentina en el mes de octubre debido a las precipitaciones se presentó una alta incidencia de candelilla (*Aeneolamia varia*), lo cual afecto directamente el tablón no aplicado, ya que al ella alimentarse del cultivo produce una necrosis en el área foliar disminuyendo la capacidad fotosintética de la plana e induciendo que esta madure de forma prematura, aumentando el índice de madurez y los grados Brix, por lo cual no es recomendable realizar aplicaciones en los lotes donde allá alta incidencia de la plaga.

Verificar la aplicación del producto con el Dron, ya que no hubo un solapamiento entre las franjas de aspersion en el presente estudio, generando una aplicación desuniforme dejando líneas visibles sin aplicar.

Realizar el uso de hongos entomopatógenos comoo el *Metarhizium anisopliae* para el control de plagas como la Diatrea,

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, J. (2020), “*Evaluación de productividad de dos variedades de caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) bajo tres distanciamientos de siembra; Milagro-Guayas*”. Trabajo de investigación. Universidad Agraria del Ecuador.
- Calderón V. (2020), *Productividad de la caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) Var. CC 01-1940 mediante el deshoje artificial en Pradera Valle del Cauca, Colombia*”. Trabajo de investigación. Universidad Nacional de Colombia.
- Crusciol, C. A. C., Leite, G. H. P., & Siqueira, G. D. (2010). Uso de maturadores com ou sem mistura. *Tópicos em eco fisiologia da cana-da-açucar. Botucatu: FEPAF*.
- Delfin, S. (2016). Desarrollo tecnológico en el cultivo de la caña de azúcar. Colombia: Ediciones Agro.
- Fiallos, F. (2015). Reacción de 100 variedades de caña de azúcar (Saccharum officinarum) del banco de germoplasma del CINCAE. Guayaquil, Ecuador.
- Fundacaña (2021). Catálogo de variedades de caña de azúcar. Venezuela.
- Gil, G. (2016). *Caña de azúcar: Manuela de asistencia técnica Nro 9*. Bogota, Colombia.
- Gil, N. J. (2009). Centro de investigación de la caña de azúcar de Colombia-Cenicaña. *Consultorio tecnologico*.
- González, P. (2019). *Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes químicos*. Panamá: Asociación técnica Panamericana.
- Hernández R. (2009). *Sistematización de experiencias en el uso de diferentes madurantes en el cultivo de caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) en Guatemala* (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).
- Hernández, R. (2015). *Metodología de la Investigación*. Universidad de Celaya. México.
<https://fredjmr.wordpress.com/2023/06/04/los-disenos-de-investigacion-en-arias-parte-3/>
- Hurtado, J. (2016). *Metodología de la Investigación Holística*. Editorial Sypal, Caracas. Venezuela.

- Leggio, (2019). Identificación de los factores más influyentes en la respuesta a la maduración química en caña de azúcar en Tucumán, Argentina. *Revista industrial y agrícola de Tucumán*, 96(2), 07-13.
- Mendoza Mendoza, G. G. (2022). *Uso de dos moléculas de madurantes no herbicidas aplicadas mediante drones versus la maduración natural en cultivos de Caña de Azúcar (Saccharum officinarum) durante Zafra 2021/2022 de Ingenio La Cabaña SA de CV* (Doctoral dissertation).
- Menocal, N. (2024), “*Respuesta de la caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) a la aplicación de silicato de sodio en su crecimiento y rendimiento, Potosí, Rivas, 2019-2020*”. Trabajo especial de grado. Universidad Nacional Agraria, Nicaragua.
- Molina, L. (2015). *Presentación, historia y antropología de la caña de azúcar en Venezuela*. Revista Venezolana de economía y Ciencias sociales. Universidad Central de Venezuela.
- Nerio, C. y Becerra, D. (2022), “Evaluación de la aplicación de madurantes en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) a través de la tecnología DRONE”. Trabajo especial de grado. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Colombia.
- Pacheco Orellana, R. H. (2015). *Evaluación de tres dosis de complexato de potasio como madurante en el cultivo de caña de azúcar Saccharum officinarum, en la finca Morenas Fernández, ingenio Magdalena, municipio de la Gomera, Escuintla, 2017* (Doctoral dissertation, Universidad).
- Párraga C. 2007. *La Investigación y experimentación de campo. Unellez. Mimeog. P9*.
- Plata, A., & Buenaventura, C. (1985). Efecto de la aplicación de tres madurantes químicos en los rendimientos de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) variedad cp 57603. *Acta Agronómica*, 35(4), 97-108.
- Rea, R., De Sousa, O., & González, V. (1994). *Caracterización de catorce variedades promisorias de caña de azúcar en Venezuela*. Caña de azúcar.
- Ruiz, F. (2015). *Cultivo de caña de azúcar*. Colombia: EUNED
- Sáenz, E. J. (2014). *Evaluación de cuatro madurantes en caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) en la variedad MEX 79-431, diagnóstico y servicios realizados en el*

- Grupo Corporativo Santa Ana, SA, Escuintla, Guatemala, CA* (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).
- Sáenz, E. J. (2014). *Evaluación de cuatro madurantes en caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) en la variedad MEX 79-431, diagnóstico y servicios realizados en el Grupo Corporativo Santa Ana, SA, Escuintla, Guatemala, CA* (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).
- Sánchez, T. (2012). Caso de cultivos: La caña de azúcar en Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía*.
- Silva, T. (2016). *Maduradores en caña de azúcar*. Revista Cubana: C.A.
- Suárez, J. Menéndez, A., Meneses, R., & Delgado, I. (2018). Evaluación de maduradores en caña de azúcar de la compañía CALESA, República de Panamá. *Centro Agrícola*.
- Torrado, A. (2015). *Buenas prácticas agrícolas*. Colombia: ICA
- Vázquez, F. (2021). Efecto de potasio en caña de azúcar (*Saccharum* spp. Híbrido), cultivar CP 72-2086 sobre el desarrollo de semillero básico.
- Villatoro, B. (2021). *Uso de índices de vegetación NDWI y MSI obtenidos de imágenes satelitales Sentinel-2 y Landsat 8 para monitoreo de humedad, como indicador de momento óptimo de cosecha en caña de azúcar*.
- Villegas, C. (2023). *Maduradores en caña de azúcar*. Revista. M.S.C. Cuba.
- Yah, O., y Michel, Z. (2017). *Efecto del glifosato utilizado como madurador químico de la caña de azúcar en Costa de Marfil*. *Revista Africana de Ciencias Vegetales*.

ANEXOS





