



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

**Efecto de la oportunidad en labores culturales
para la producción de caña de azúcar (*Saccharum
officinarum*) en el sector agroindustrial azucarero
en el Valle Geográfico del Río Cauca.**

Leonardo Andrés López Trujillo

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería y Administración.
Palmira, Valle del Cauca, Colombia

2021

**Efecto de la oportunidad en labores culturales
para la producción de caña de azúcar (*Saccharum
officinarum*) en el sector agroindustrial azucarero
en el Valle geográfico del río Cauca.**

Leonardo Andrés López Trujillo

Tesis de grado como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Ingeniería Agroindustrial

Director:

Ph.D. Oscar Chaparro Anaya
Universidad Nacional de Colombia
Sede Palmira

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería y Administración
Palmira, Valle del Cauca, Colombia

2021

Dedicatoria

Dedico este trabajo a Dios y a mi familia, por ser fuentes de inspiración en cada paso de mi camino, es la fe la que me guía y el amor de los míos la fuerza que me soporta.

Declaración de obra original

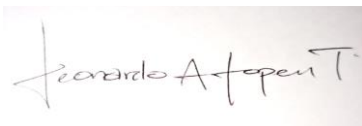
Yo Leonardo Andres Lopez Trujillo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.

A handwritten signature in black ink on a light-colored background. The signature reads "Leonardo A. Lopez Trujillo" in a cursive script.

Leonardo Andrés López Trujillo

Fecha 01/09/2021

AGRADECIMIENTOS

Agradezco enormemente a la Universidad Nacional de Colombia por formarme integralmente en este proceso, a los docentes por cooperar con todo su conocimiento conmigo, a mi familia por su apoyo constante, a mis amigos por estar en los buenos y malos momentos, a mi asesora que con dedicación me ha guiado. A todos ellos mil y mil gracias

RESUMEN

Efecto de la oportunidad en labores culturales para la producción de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el sector agroindustrial azucarero en el Valle geográfico del río Cauca.

Se analizó la variación de la producción de caña de azúcar medida en Toneladas de Caña por Hectárea (TCH) como consecuencia de la oportuna realización en el tiempo de las operaciones de campo de despaje, roturación, fertilización y resiembra, en la Empresa Agroindustrial Pichichi S.A, en un área de 520 hectáreas durante un periodo de 9 años (2009 a 2018), la información sobre la ejecución de las operaciones de campo se obtuvo a partir de los registros de producción y ejecución de cada una de las labores realizadas en cada ciclo de levantamiento del cultivo en 35 suertes (lotes), para ello se realizó comparaciones entre la información de las diferentes suertes en variables tales como temperatura, humedad, radiación solar, precipitaciones, evaporación, variedades, tipos de corte, labores manuales y mecánicas, zonas agroecológicas, números de corte y tipos de suelo, logrando mediante análisis estadísticos cuantificar el efecto de la inoportuna realización de las actividades agrícolas sobre las toneladas de caña por hectárea (TCH), se determinó los cambios de la producción (TCH) como efecto de la ejecución de las labores del cultivo (despaje, roturación, fertilización y resiembra) en tiempos diferentes a los recomendados de tal forma que en el despaje se obtuvo una disminución de 3 TCH como resultado de una inoportuna labor, en la operación inoportuna de la roturación una disminución de 6 TCH, para la resiembra inoportuna una disminución de 9 TCH, caso diferente la labor de fertilización, que obtuvo una variación de aumento de 13 TCH, detectando que en el caso de la fertilización, la realización dicha labor fuera del tiempo establecido con base en las recomendaciones que aplica la empresa Agroindustrial Pichichi S.A., generó una mayor productividad, explicado por la falta de un estudio detallado del cultivo frente a la absorción de nutrientes en un tiempo determinado. Las conclusiones de este estudio, dan cuenta de una transcendental injerencia de la realización a tiempo de las labores, en la productividad y la rentabilidad de la empresa.

Palabras claves: Labores culturales, caña de azúcar, rentabilidad, productividad, tiempos óptimos.

ABSTRACT

Effect of opportunity in cultural work for the production of sugar cane (*Saccharum officinarum*) in the sugar agro-industrial sector of the Valle Geográfico del Río Cauca region

The variation of sugarcane production measured in Tons of Cane per Hectare (TCH) was analyzed as a consequence of the timely execution in time of the field operations of windrowing, rototilling, fertilization and replanting, in the Empresa Agroindustrial Pichichi S. A, in an area of 520 hectares during a period of 9 years (2009 to 2018), the information on the execution of field operations was obtained from the records of production and execution of each of the tasks performed in each cycle of lifting the crop in 35 lots (lots), for this purpose comparisons were made between the information of the different lots in variables such as temperature, The data on variables such as temperature, humidity, solar radiation, rainfall, evaporation, varieties, types of cutting, manual and mechanical tillage, agro-ecological zones, number of cuts and soil types were compared, using statistical analysis to quantify the effect of untimely agricultural activities on the tons of cane per hectare (TCH), the changes in production (TCH) were determined as an effect of the execution of the cultivation tasks (clearing, ploughing, fertilization and replanting) in times different from the recommended ones, in such a way that in the clearing a decrease of 3 TCH was obtained as a result of an untimely work, in the untimely operation of the ploughing a decrease of 6 TCH was obtained, For the untimely reseeding a decrease of 9 TCH, different case the fertilization work, which obtained a variation of increase of 13 TCH, detecting that in the case of fertilization, the realization of such work outside the time established based on the recommendations applied by the company Agroindustrial Pichichi S. A., This is explained by the lack of a detailed study of the crop in relation to the absorption of nutrients in a given time. The conclusions of this study show a transcendental influence of the timely completion of the work on the productivity and profitability of the company.

Keywords: Cultural labor, sugar cane, profitability, productivity, optimal time.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	15
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.1 JUSTIFICACIÓN	21
1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	22
1.3 OBJETIVOS	23
1.3.1 Objetivo General	23
1.3.2 Objetivos específicos	23
2. MARCO TEORICO	24
2.1 Caña de azúcar	24
2.1.1 Caracteres morfológicos	24
2.2 Descripción de las labores de despaje, roturación, fertilización y resiembra.	26
2.2.1 Encalle o despaje de residuos	26
2.2.2 Roturación.	26
2.2.3 Resiembra.	26
2.2.4 Fertilización:	27
2.3 Adecuación del terreno	28
2.4 Preparación del terreno	28
2.4.1 La Descepada	29
2.4.2 Subsulado	29
2.4.3 Arado	29
2.4.4 Rastrillada	29
2.4.5 Surcada.	29
2.5 Siembra de caña de azúcar	29
2.5.1 Siembra con trozos o esquejes	30

2.5.2 Siembra con plántulas.	30
2.6 Control de Malezas	30
2.7 Fertilización.....	31
2.8 Prácticas culturales en las socas	31
2.9 Encalle o despaje de residuos	31
2.10 Roturación.....	32
2.11 Labor del cultivo.....	32
2.12 Resiembra.....	32
2.13 Riegos.....	33
2.14 Maduración	33
2.15 CATE (Corte, Alce, Transporte y Entrega de cosecha de la caña de azúcar) ...	34
2.15.1 La cosecha Manual.....	34
2.15.2 Cosecha Mecanizada	35
2.16 Calidad de caña de azúcar.	35
2.17 Factores que afectan la calidad de la caña.....	36
2.18 Recomendaciones de tiempo en labores culturales de la caña de azúcar	37
2.18.1 Resiembra.	37
2.18.2 Riego.	38
2.18.3 Roturación.	38
2.18.4. Fertilización.....	38
2.18.5 Control químico de malezas.	38
2.18.6 Control manual de malezas	38
2.18.7 Despaje.....	38
2.17 Definición de Puntualidad	39
2.17.1 Puntualidad de siembra de soya en Brasil.....	39

2.18 Costo de producción en la producción de caña de azúcar.....	41
3. MATERIALES Y MÉTODOS	43
3.1 Descripción de los materiales.	43
3.1.1 Variedades.....	43
3.1.2 Labores.....	46
3.2 Descripción del área de estudio.....	50
3.3 Tratamientos.....	51
3.4 Caracterización del área de estudio.....	52
3.5 Condiciones climáticas.....	68
3.6 Variables de respuesta	69
3.6.1 Producción de caña.	69
3.6.2 Rentabilidad del cultivo.....	69
3.7 Análisis estadístico	69
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	70
4.1 Despaje.....	71
4.2 Roturación.....	73
4.3 Resiembra.....	74
4.4 Fertilización.....	76
4.5 Tiempos óptimos.....	79
4.6 Rentabilidad del cultivo	82
4.7 Discusión	85
5. CONCLUSIONES.....	89
6. RECOMENDACIONES	91
BIBLIOGRAFIA	92

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de los tratamientos implementados.....	51
Tabla 2. Datos del área geográfica de cultivo.....	53
Tabla 3. Ordenamiento de los Grupos de Humedad.....	54
Tabla 4. Variación en la labor de despaje.....	71
Tabla 5. Variación en la labor roturación.....	73
Tabla 6. Gráfico de la labor de resiembra.....	74
Tabla 7. Variación en la labor de resiembra.....	75
Tabla 8. Gráfico de la labor de fertilización.....	76
Tabla 9. Variación en la labor de fertilización.....	76
Tabla 10. Tiempo óptimo de roturación.....	79
Tabla 11. Tiempo óptimo de fertilización.....	79
Tabla 12. Tiempo óptimo de resiembra.....	80
Tabla 13. Tiempo óptimo de despaje.....	81

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Características de la caña de azúcar de buena calidad	36
Figura 2. Factores que afectan la calidad de la caña	37
Figura 3. Forma generalizada de una curva de pérdida de productividad en función de la fecha óptima de realización de la operación agrícola.	39
Figura 4. Producción de soya. Modificada	40
Figura 5. Variedad CC85-92	44
Figura 6. Variedad CC93-4418	45
Figura 7. Variedad CC01-1940	46
Figura 8. Despajadora.....	47
Figura 9. Ganchos.....	47
Figura 10. Implemento escarificador	48
Figura 11. Implemento Subsuelo	48
Figura 12. Esqueje y plántulas	49
Figura 13. Abonadoras.....	50
Figura 14. Ubicación de hacienda Ingenio Pichichi.....	52
Figura 15. Mapa de la Finca La Margarita.....	54
Figura 16. Mapa de la finca Buenos Aires.....	55
Figura 17. Mapa de la finca La Matilde	56
Figura 18. Mapa de la finca Santa Martha	57
Figura 19. La finca Garachine,	58
Figura 20. Mapa de la finca El Mister,	59
Figura 21. Mapa de la finca Hacienda Cabal	60
Figura 22. Mapa de la finca Hacienda Cabal	61
Figura 23. Mapa de La finca Francisca	62
Figura 24. Mapa de la Finca La cabaña	63
Figura 25. Mapa de la Finca Turín	64
Figura 26. Mapa Finca Guaimaral.....	65
Figura 27. Mapa de la Finca La legua.....	66
Figura 28. Mapa de la finca Cachipay	67

Figura 29. Mapa de la finca El silencio.....	68
Figura 30. Variación TCH por labor.....	70
Figura 31. Consolidado de la labor por zonas.....	70
Figura 32. Gráfico de la variación en la labor de despaje	71
Figura 33. Gráfico de la Variación en la labor de Roturación	73
Figura 34. Rentabilidad del cultivo	82

INTRODUCCIÓN

En Colombia, el sector agroindustrial de la caña de azúcar se localiza en el valle geográfico del río Cauca, cuya cobertura parte desde el departamento de Risaralda hasta el departamento del Cauca, con aproximadamente 230.000 hectáreas cultivadas, proporcionando la materia prima a 13 Agroindustrias azucareras: Risaralda, San Carlos, Mayagüez, Rio Paila Castilla, Pichichi, Tumaco, La Cabaña, Carmelita, Providencia, María Luisa, Manuelita e Incauca. En el área situada se cuenta con clima moderado para realizar la siembra de caña de azúcar y cosecha durante todo el año (ASOCAÑA, 2017).

Uno de los ingenios con mayor tradición, y que cuenta con más de 7 años de trayectoria y ha alcanzado posicionarse en la agroindustria de la caña de azúcar es el Ingenio Pichichi, está ubicado en el centro del Valle del Cauca. El ingenio cuenta con más 12.000 hectáreas sembradas en caña de azúcar combinadas entre colonos y de su propio manejo; produciendo aproximadamente más de 1.000.000 de toneladas de caña al año, contribuyendo de esta manera en la industria azucarera del país.

La caña de azúcar es de suma importancia y de alta relevancia en la economía de Colombia, participando en las últimas décadas en el sector agroindustrial del país, siendo un sector superávit comercial con las toneladas de azúcar exportadas para Latinoamérica, África y Europa. La política cambiaría y el comportamiento de los precios de compra y venta en entorno del sector agroindustrial de la caña de azúcar favorece el fortalecimiento del país en el ámbito internacional. La inclusión de la agroindustria del sector cañicultor en una economía globalizada requiere el acomodo a las dinámicas y difíciles situaciones de la economía del país, siendo obligada a aumentar la eficiencia en un ambiente de fuerte competitividad.

Una de las dinámicas relevantes para obtención de caña de azúcar, es cuando se hace uso de recursos tangibles como mano de obra, maquinaria, insumo e inclusive los recursos naturales, y con metodología muy racional, que favorecen de manera

significativa en la obtención de caña de azúcar de manera eficiente, no obstante los recursos representan entre el 50% y 80% del costo de materia prima del sistema productivo. El inadecuado uso de ellos acarrea una baja producción, afecta directamente el medio ambiente, aumenta sustancialmente los gastos en la producción; conllevando a una rentabilidad insostenible.

Con el afianzamiento del sector agroindustrial en los últimos tiempos se hace indispensable las técnicas e innovaciones tecnológicas para la producción de caña de azúcar mejorando la operación de labores, una de ellas la oportunidad de ejecución de labores culturales en el momento establecido, acorde al desarrollo fisiológico de la planta.

El desarrollo eficiente del cultivo está ligado a las practicas agronómicas que se realizan en el levantamiento de la plantación de caña de azúcar, estos son de gran importancia para el óptimo desarrollo puesto que estas actividades de manutención y cuidado se llevan a cabo durante todo el ciclo fenológico de la planta. La importancia de realizar estas actividades del cultivo en el momento preciso contribuye de manera directa en la obtención de caña del cultivo.

Entre las principales actividades que poseen mayor influencia en la regulación y crecimiento de la planta se destacan: el despaje, la roturación, la fertilización, la resiembra y el riego, cada una de ellas cumplen diferente papel en la obtención de caña de azúcar de optima de calidad.

Fundamentando la importancia de la producción y la rentabilidad sostenible, se tiene como objetivo desarrollar estándares del sistema operacional en consideración de la oportunidad y efecto que este pueda tener en la estabilidad del sistema productivo.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La caída de producción de caña que se vive constantemente en el sector cañicultor aún no cuenta con una explicación contundente que prepare a la región frente a futuros faltantes de caña para la molienda. Frente a esta situación, se considera como factor relevante la oportunidad generada a través de la realización de las labores de levantamiento de la plantación, tema frente al cual ASOCAÑA (2016) indicó que en el año 2015 la caída de 1,8% en el volumen de producción de azúcar en relación con el 2014 cuyo índice fue de 1.1%, se debió fundamentalmente a los efectos adversos ocasionados por el clima, concretamente el fenómeno de El Niño, factor que evidencia el impacto que algunos factores externos pueden tener en la disponibilidad de caña.

En este sentido, la revisión rigurosa y a profundidad de los registros de labores realizadas en la plantación durante los años 2009 y 2018 en el Ingenio Pichichi S.A. daban cuenta que todo se había hecho respondiendo a las necesidades del cultivo: fertilización, roturación, riego, despaje, resiembra, entre otros. De lo que no había convicción era de sí esas labores requeridas por el cultivo en campo se habían realizado en el momento adecuado y de esta manera surgió la necesidad de analizar el efecto la oportunidad de todas las actividades de la plantación, para garantizar la productividad de la compañía.

Una de las posibles causas de la baja producción de caña de azúcar en el sector agroindustrial es la inoportunidad de labores culturales en la plantación, el manejo del cultivo, desde la adecuación y siembra hasta el levante y cosecha, estas cumplen un papel importante en cada etapa del desarrollo fisiológico de la caña de azúcar, siendo estas labores definidas de manera estándar para la producción óptima de caña de azúcar, sin que se afecte la obtención de sacarosa y los costos de la materia prima, alcanzando una mayor rentabilidad en el proceso productivo agroindustrial.

Desafortunadamente, la problemática nos conlleva a estudios que permitieron tener indicadores sobre el efecto de verificar la labor en un momento inadecuado (Inoportunidad), sobre la producción de caña (TCH) y toneladas de azúcar (TAH), por lo

tanto, es necesario establecer y analizar indicadores que orienten a los responsables de la producción de caña sobre el impacto negativo de realizar la operación de labores culturales en el momento inoportuno.

El problema de la inoportunidad de labores culturales no solo podría afectar la producción, si no la eficiencia de los recursos, originando aumento de esfuerzos, en movimientos y traslados ocasionando incrementos en el consumo de combustible, deterioro de equipos, sobreutilización de mano de obra; causando sobrecostos en esta operación, surgiendo una rentabilidad insostenible.

En la presente investigación, se analizó que factores afectarían la caída de la producción y en su defecto la disponibilidad de caña en el ingenio Pichichi. Estos factores se relacionan con las labores culturales de levantamiento que se realiza en cada en las plantaciones, las labores como, despaje, roturación, fertilización, resiembra y riego; estas cuentan con tiempo establecido de realización, teniendo efecto en la producción ya sea positiva o negativa acorde a la puntualidad.

En Colombia, el sector agroindustrial de la caña de azúcar se localiza en el valle geográfico del río Cauca, cuya cobertura parte desde el departamento de Risaralda hasta el departamento del Cauca, con aproximadamente 230.000 hectáreas cultivadas en caña de azúcar, proporcionando la materia prima a 13 industrias azucareras como: Risaralda, San Carlos, Mayagüez, Rio Paila Castilla, Pichichi, Tumaco, La Cabaña, Carmelita, Providencia, María Luisa, Manuelita e Incauca. En el área situada se cuenta con clima moderado para realizar la siembra de caña de azúcar y cosecha durante todo el año (ASOCAÑA, 2017).

Uno de los ingenios con mayor tradición, y que cuenta con más de 7 años de trayectoria y ha alcanzado posicionarse en la agroindustria de la caña de azúcar es el Ingenio Pichichi, está ubicado en el centro del Valle del Cauca. El ingenio cuenta con más 12.000 hectáreas sembradas en caña de azúcar combinadas entre colonos y de su propio

manejo; produciendo aproximadamente más de 1.000.000 de toneladas de caña al año, contribuyendo de esta manera en la industria azucarera del país.

La caña de azúcar es de suma importancia y de alta relevancia en la economía de Colombia, participando en las últimas décadas en el sector agroindustrial del país, siendo un sector superávit comercial con las toneladas de azúcar exportadas para Latinoamérica, África y Europa. La política cambiaría y el comportamiento de los precios de compra y venta en entorno del sector agroindustrial de la caña de azúcar favorece el fortalecimiento del país en el ámbito internacional. La inclusión de la agroindustria del sector cañicultor en una economía globalizada requiere el acomodo a las dinámicas y difíciles situaciones de la economía del país, siendo obligada a aumentar la eficiencia en un ambiente de fuerte competitividad.

Una de las dinámicas relevantes para obtención de caña de azúcar, es cuando se hace uso de recursos tangibles como mano de obra, maquinaria, insumo e inclusive los recursos naturales, y con metodología muy racional, que favorecen de manera significativa en la obtención de caña de azúcar de manera eficiente, no obstante los recursos representan entre el 50% y 80% del costo de materia prima del sistema productivo. El inadecuado uso de ellos acarrea una baja producción, afecta directamente el medio ambiente, aumenta sustancialmente los gastos en la producción; conllevando a una rentabilidad insostenible.

Con el afianzamiento del sector agroindustrial en los últimos tiempos se hace indispensable las técnicas e innovaciones tecnológicas para la producción de caña de azúcar mejorando la operación de labores, una de ellas la oportunidad de ejecución de labores culturales en el momento establecido, acorde al desarrollo fisiológico de la planta.

El desarrollo eficiente del cultivo está ligado a las practicas agronómicas que se realizan en el levantamiento de la plantación de caña de azúcar, estos son de gran importancia para el óptimo desarrollo puesto que estas actividades de mantenimiento y cuidado se llevan a cabo durante todo el ciclo fenológico de la planta. La importancia de realizar

estas actividades del cultivo en el momento preciso contribuye de manera directa en la obtención de caña del cultivo.

Entre las principales actividades que poseen mayor influencia en la regulación y crecimiento de la planta se destacan: el despaje, la roturación, la fertilización, la resiembra y el riego, cada una de ellas cumplen diferente papel en la obtención de caña de azúcar de optima de calidad.

Fundamentando la importancia de la producción y la rentabilidad sostenible, se tiene como objetivo desarrollar estándares del sistema operacional en consideración de la oportunidad y efecto que este pueda tener en la estabilidad del sistema productivo.

1.1 JUSTIFICACIÓN

A lo largo de los años el sector agroindustrial ha venido avanzando con metodologías que logren impactar la caída de producción, por ello se debe establecer y analizar indicadores en busca de una solución innovadora para evitar pérdidas de los cultivos y lograr una rentabilidad sostenible en el sector agroindustrial.

Un sinnúmero de ejercicios realizados por técnicos y administradores de la industria cañera Vallecaucana se evidenciaron un sinnúmero de probables causas de la disminución de la producción; las reflexiones de este análisis confluyen en que las altas precipitaciones en tiempos determinados, favorecieron el pisoteo de los campos, afectando así las cepas, el rebrote de las socas, la preparación de campos en la renovación de plantaciones y otros. Esto condujo a evidenciar que los factores ambientales de la región pueden estar incidiendo en la producción en una medida mayor de lo que podría atribuirse a las acertadas decisiones agronómicas o a las buenas prácticas agrícolas; es difícil intuir cuánto influye la una o la otra en las producciones, se estiman que “el comportamiento del clima determina un gran porcentaje la producción y el resto depende de las labores que ingenieros agrícolas, ingenieros agrónomos, tecnólogos, técnicos y trabajadores hagan por la plantación en el campo” (Castillo & Garces, 2015. p.65).

A raíz de la problemática se considera importante tener alternativas para tomar decisiones más acertadas en la operación de labores culturales en la plantación del sector agroindustrial de la caña de azúcar, sin que este afecte la rentabilidad derivada de la baja productividad y altos costos en la producción, del mismo modo se aporta a la desaceleración de la degradación de suelos compactados de los cultivos con caña de azúcar en el ingenio Pichichi. Para ello se precisa analizar y modelar un sistema que permita realizar las operaciones en el cultivo identificando los efectos que esto, tendrían; mitigando así el impacto de baja producción y la rentabilidad del cultivo.

1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es el efecto de la realización a tiempo de las labores culturales con relación a la producción de caña de azúcar en el ingenio Pichichi?

¿Realizar las labores a tiempo y/o de manera oportuna acorde a los parámetros establecidos incide en la producción de toneladas de caña por hectárea (TCH) en cultivos de caña de azúcar?

¿Qué efecto tienen las labores culturales de la producción de la caña de azúcar ejecutadas de manera oportuna en los índices de rentabilidad?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Determinar el efecto de la realización oportuna de las labores culturales con relación a la producción de caña de azúcar en el ingenio Pichichi.

1.3.2 Objetivos específicos

- Establecer las relaciones entre los cambios de la TCH y la inoportunidad de las labores del cultivo (despaje, Roturación, fertilización y resiembra); en un periodo de 9 años para 35 suertes (lotes).
- Cuantificar los tiempos de ejecución de las operaciones de caña en los 35 lotes analizados, en los 9 años en cada una de las labores culturales, asociadas a la oportunidad de labores culturales del cultivo de caña de azúcar.
- Especificar en términos económicos los efectos sobre la productividad con base a la oportunidad en labores culturales en el cultivo de caña de azúcar.

2. MARCO TEORICO

2.1 Caña de azúcar

2.1.1 Caracteres morfológicos. El tallo se caracteriza por poseer algunas características específicas como son: la longitud la cual varía de menos de 1 m (clones de *Saccharum spontaneum*) a más de 10 m (algunos clones de *Saccharum robustum*). Su longitud se mide del suelo al último cuello visible. Por su longitud los tallos pueden ser: Cortos, menos de 2.5 m Medianos, de 2.5 a 3.5 m Largos, más de 3.5 m. En lo que concierne al hábito de crecimiento, aspecto que refiere la dirección que adquieren los tallos hasta llegar a su madurez, estos pueden ser erectos si su crecimiento se efectúa de manera verticalmente; reclinados si su crecimiento se produce de forma oblicua y se apoyan con los de las cepas vecinas; postrados, si su crecimiento se genera tocando el suelo y su parte terminal vuelve a levantarse.

En lo que se refiere a su forma, es importante referir la posición que los tallos en su desarrollo, la cual puede ser recta, cuando todos los entrenudos están en la misma dirección. Curvada, cuando siguen una curva simple y en zigzag, si aparece un entrenudo que cambia leve o fuertemente su dirección en relación con el siguiente. Diámetro: con una variación de 10 a 50 mm y puede ser: Muy delgado, menos de 20 mm. Delgado, de 21 a 25 mm. Mediano, de 26 a 30 mm. Grueso, de 31 a 35 mm. Muy grueso, más de 36 mm.

En lo que les respecta a los colores es necesario indicar que los más usuales son el amarillo, rojo, púrpura, morado y verde, los cuales pueden resultar de mayor o menor intensidad y encontrarse simples o en mezclas. Estos colores suelen aclararse con el sol y cambiar de tonalidad con la maduración del tallo, a excepción del color denominado rojo sol que se ubica en una parte del nudo donde la protección de la vaina evita que se manifieste el color rojo.

El Entrenudo, es un componente relevante de la planta, refiere la parte del tallo que se halla entre la cicatriz foliar y el anillo de crecimiento, de la cicatriz hacia abajo se encuentra el anillo ceroso, que en la mayoría de las variedades se conforma por una gruesa capa de cera y puede ser bien definido o difuso. También se encuentran las estrías que se constituyen en rayas con una corta longitud y anchura.

Las rajaduras de corteza o de crecimiento, refieren fisuras longitudinales que en diversas oportunidades llegan a alcanzar el entrenudo, tienen de 5 a 10 mm de profundidad y generalmente se recubren con una capa felógena que las protege de infecciones o infestaciones, pero en zonas de fuerte infección de muermo rojo (*Glomerella tucumanensis* [Speg.] Arx y Müller) el hongo puede ocasionar daños considerables. También puede ser la entrada para la bacteria que origina las de extrañas.

El Canal de yema de acuerdo con Cenicaña (2013) refiere una concavidad ubicada detrás de la yema que se extiende en mayor o menor longitud a lo largo del entrenudo y puede ser superficial o profunda. En algunas variedades es poco visible y a menudo desaparece. Así mismo, las formas del entrenudo pueden ser “Cilíndrico, aborrilado, constreñido, coneiforme, ob-coneiforme, curvado” (Cenicaña, 2013)

Es importante referir también el anillo de crecimiento, el cual refiere la región de crecimiento del entrenudo y rodea completamente el nudo. Este puede adquirir diversas formas, pudiendo ser angosto, ancho, prominente o constreñido. Por su parte, la Banda de raíces es una franja más o menos ancha en la cual se ubican diversas hileras de yemas de raíces que brindan alimento al tallo primario durante la etapa inicial de crecimiento.

En lo que respecta a la cicatriz foliar, esta refiere un residuo de la yagua o vaina de la hoja, mientras que la Yema se ubica en la banda de raíces arriba de la cicatriz foliar. Puede tener un tamaño igual, o mayor al anillo de crecimiento, mientras su posición en el tallo es alterna y opuesta. La parte principal de la yema es el poro generativo en el cual emerge el brote al germinar.

2.2 Descripción de las labores de despaje, roturación, fertilización y resiembra.

Las labores analizadas se tomaron en cada una de los lotes, después del corte de caña de azúcar.

2.2.1 Encalle o despaje de residuos. Esta actividad según Porras (1995) tiene como objetivo aislar el residuo de la cosecha de los surcos o de las socas que renacerán para el nuevo levante, se realiza de manera manual o mecánica, cuando es mecánica se utiliza un tractor liviano que oscila entre 70 y 90 HP con el implemento llamado despajadora, este permite acomodar de manera perpendicular al surco. Cuando se realiza de manera manual se efectúa con una herramienta de menor complejidad, llamada gancho o garabatos de metal, ejecutando la misma labor separando el residuo de la capa próxima a macollar.

2.2.2 Roturación. Es una labor que se realiza con frecuencia en el levante y en el momento de la preparación, cuyo objetivo es descompactar el suelo. (Gutiérrez, 1995) argumenta que la superficie compactada se rotura con un subsolador (Implemento adherido al tractor) mejorando la permeabilidad del suelo y la estructura de suelo para el desarrollo eficiente de las raíces. Este se hace no mayor a 50 cm de profundidad, utilizando tractores entre 130 a 190 HP.

2.2.3 Resiembra. Las resiembras radican para plantar en espacio donde no hubo desarrollo de la cepa o desaparición debido a daños causados por la cosecha, estas resiembras se ejecutan con semilla o esquejes plantando en un hueco realizado con pala o barretón. Otra manera de llevarla a cabo es con rebrotes o parte de macollo de una cepa, este material se planta igual que el anterior. El desarrollo de esta práctica está ligado al riego, después de ser plantado se deben regar con mayor frecuencia para su óptimo crecimiento.

2.2.4 Fertilización: Refiere una práctica relevante en el cultivo de caña de azúcar, por cuanto, a través de ella la planta adquiere sus nutrientes. En este sentido, Tisdale & Nelson, (1966) explican que las plantas absorben los nutrientes por medio de las raíces, y que existen 16 elementos con un alto contenido nutricional para estos cultivos, como son: C, H, O₂ no son minerales y la planta los toma del CO₂ y del agua, los restantes como macronutrientes son N, P, K, Ca Mg, S, y los otros micronutrientes que se requieren en menor cantidad son Br, Cl, Fe, Mn y Mo. La aplicación de estos nutrientes se realiza de manera manual con la práctica al voleo; que consiste en arrojar el abono al suelo, y de forma mecánica por medio de un tractor cuya capacidad es superior a 210 HP con su respectiva abonadora.

Para establecer una plantación de caña de azúcar se deben realizar actividad de manera cíclica para iniciar el proceso de levantamiento, ciertas actividades que se resumen en “la adecuación y preparación de los terrenos, están se realizan acorde a los diseños surgidos por los levantamientos topográficos previos, y estudios hidrológicos y agrológicos, principalmente posterior la siembra por medio de la semilla” (Risaralda, 2006).

La labores de levantamiento en la plantación de caña de azúcar se componen por diversas actividades que deben ser ejecutadas de manera constantes y refieren de acuerdo con Digonzelli et al (2009) todo un cumulo de labores manuales, mecánicas y/o químicas; las cuales se ejecutan luego de la siembra o posterior a la cosecha (socas) teniendo como finalidad potencializar la productividad del cultivo de caña de azúcar por unidad de superficie, ampliando la utilidad, y procurando la conservación del agroecosistema.

El objetivo de realizar estas actividades es:

Mejorar las condiciones físicas de los suelos (encostramiento superficial, compactación, pie de arado, etc.). Mejorar la infiltración, la captación y retención de agua y la aireación del suelo. Preparar el terreno para la aplicación del riego y

para la cosecha. Aplicar los fertilizantes. Controlar o manejar las malezas (Digonzelli et al., 2009).

2.3 Adecuación del terreno

La caña de azúcar (*saccharum officinarum*) del sector agroindustrial del Valle del Cauca comprende su ciclo de producción en el momento en el que se adecua el terreno a través de un levantamiento planimétrico y altimétrico. La adecuación refiere una importante labor en el cultivo de la caña, adicional “es el punto de partida y de mayor inversión, requiere planeación y precisión al momento de ejecutar, surgiendo en ella la infraestructura hidráulica, las vías de tránsito, el estudio y ejecución de drenaje y surcado de la plantación” (Cruz & Mario, 1995).

Por medio del estudio de suelos, nace el diseño de campo, este proporciona información relacionada con la serie de suelo, con sus respectivas propiedades físicas (Densidad, textura, porcentaje de humedad, pH, conductividad eléctrica, Capacidad de intercambio catiónico, conductiva hidráulica, y químicas (macronutrientes y micronutrientes). (Cruz & Mario, 1995) relacionan el estudio básico para la realización de división en lotes respecto al área, además incluyen los cálculos y los planos de localización y diseño de la infraestructura de riego, drenaje, vías, longitud y dirección de surco. Una de las labores principales en una adecuación es la nivelación de tierras, esta actividad permite cambiar el relieve del suelo hacia una uniformidad de pendientes permitiendo al agricultor desarrollar de manera eficiente las labores del cultivo.

2.4 Preparación del terreno

Para Rodríguez & Daza (1995) la preparación del suelo consiste en ejecutar las operaciones de campo necesarias para proporcionar un ambiente apropiado, el buen desarrollo de la semilla y el óptimo desarrollo del cultivo, para una buena germinación de la semilla debe existir una buena relación suelo-aire-planta.

Con la preparación de suelos se pretende destruir los residuos de cultivo anteriores, el aumento de la capacidad de infiltración y retención de agua en el suelo, una mejor aireación en suelo, la penetración de raíces, y la des-compactación por maquinaria (Rodríguez & Daza, 1995). La preparación de suelos en el cultivo de caña de azúcar constas de las siguientes labores secuenciales:

2.4.1 La Descepada. Radica en destruir los residuos del cultivo anterior, aprovechando la incorporación de éstos al suelo, esta actividad se realiza con tractores enllantados cuya capacidad oscila entre 300 y 400 HP, enlazada con un implemento que contiene entre 20 y 30 discos y rastro arados.

2.4.2 Subsolado. Consiste en roturar el suelo con un implemento ayudado con tractor con capacidad de 250 y 300 HP, cuya profundidad es de 60 cm; con el objetivo de descompactar el suelo, mejorando la relación agua-aire y la estructura del suelo.

2.4.3 Arado. Se utiliza un tractor con capacidad mayor a 200 HP con un implemento de puntas. Se utiliza para quebrantar y rotar el suelo con una profundidad mayor a 30 cm.

2.4.4 Rastrillada. Consiste en pulir los grandes terrones que quedaron como resultado de las actividades de descepada, subsolado y arado. De igual manera se utiliza un tractor de una capacidad mayor a 210 HP, con su respectivo implemento compuesto de discos.

2.4.5 Surcada. En esta actividad culmina la labor de preparación, consta de realizar los surcos en dirección prevista en el diseño de campo, allí se depositará la semilla para su germinación y desarrollo del cultivo.

2.5 Siembra de caña de azúcar

La siembra se realiza con material vegetativo proveniente del mismo cultivo, se efectúa el corte en trozos o esquejes, otra alternativa para la siembra es utilización de plántulas,

no obstante, con esta alternativa de plántulas, se debe sembrar bajo circunstancias diferentes al material vegetativo o esquejes.

Los cañicultores buscan alternativas para aumentar su producción y rentabilidad, por ello Victoria et al., (2013) recomienda la importancia de la diversificación genética en las variedades para mejorar la productividad.

2.5.1 Siembra con trozos o esquejes. Por esta modalidad se siembra con el material vegetativo cortado una longitud que oscila entre 50 y 60 cm, esta semilla proviene del cultivo cuyo manejo es más estricto en cuanto enfermedades se refiere, son cortados aproximadamente en 7 y 9 meses de edad del cultivo, son puestos traslapados al fondo del surco, siendo este tapado al final de manera manual y mecánica.

2.5.2 Siembra con plántulas. Las plántulas con raíces desarrolladas se preparan del medio in vitro y se siembran en un sustrato pasteurizado, estas son sembradas en el campo manualmente con una distancia de cada de 50 centímetro (J. I. Victoria & Calderon, 1995).

2.6 Control de Malezas

Las malezas se consideran como toda planta que crece fuera de su sitio e invade otro cultivo, esta causa efecto negativo. Se caracterizan por su capacidad para sobrevivir en condiciones ambientales adversas; las de hoja ancha y angosta, gramíneas y ciperáceas son las que más se presentan. Para controlar de manera rápida y eficiente las malezas se recomienda tener en cuenta los siguiente:

(1) las especies de malezas más predominantes, (2) el área y localización de la invasión de malezas, (3) el estado de desarrollo de las malezas y su relación con el crecimiento del cultivo, (4) el equipo disponible para el control y (5) las condiciones de clima y el contenido de humedad en el suelo para iniciar el control”.

Existen varias alternativas para controlar las malezas, de manera manual, mecánica y de forma química (Gómez, 1995).

2.7 Fertilización

La fertilización es una de las prácticas más importantes del cultivo de caña de azúcar, por medio de esta labor la planta se alimenta de los nutrientes. Tisdale & Nelson (1966) explican que las plantas absorben los nutrientes por medio de las raíces, existen 16 elementos nutritivos para la caña de azúcar: C, H, O₂ no son minerales y la planta los toma del CO₂ y del agua, los restantes como macronutrientes son N, P, K, Ca Mg, S, y los otros micronutrientes que se requieren en menor cantidad son Br, Cl, Fe, Mn y Mo. La aplicación de estos nutrientes se realiza de manera manual con la práctica al voleo; que consiste en arrojar el abono al suelo, y de forma mecánica por medio de un tractor cuya capacidad es superior a 210 HP con su respectiva abonadora.

2.8 Prácticas culturales en las socas

Las labores culturales manuales y mecánicas en el cultivo tienen como papel, mitigar los efectos que dejó el proceso de levante anterior incluyendo la cosecha, acondicionando mejor el cultivo para el nuevo levante, esta última causa un gran impacto ocasionando compactación de suelo, daño de cepas, residuos de la cosecha o biomasa generada por la caña de azúcar.

2.9 Encalle o despaje de residuos

Esta actividad tiene como objetivo aislar el residuo de la cosecha de los surcos o de las socas que renacerán para el nuevo levante, se realiza de manera manual o mecánica, cuando es mecánica se utiliza un tractor liviano que oscila entre 70 y 90 HP con el implemento llamado despajadora, este permite acomodar de manera perpendicular al surco. Cuando se realiza de manera manual se efectúa con una herramienta de menor

complejidad, llamada gancho o garabatos de metal, ejecutando la misma labor separando el residuo de la capa próxima a macollar.

2.10 Roturación

Es una labor que se realiza con frecuencia en el levante y en el momento de la preparación, cuyo objetivo es des-compactar el suelo. Gutiérrez, (1995) argumenta que la superficie compactada se rotura con un subsolador (Implemento adherido al tractor) mejorando la permeabilidad del suelo y la estructura de suelo para el desarrollo eficiente de las raíces. Este se hace no mayor a 50 cm de profundidad, utilizando tractores entre 130 a 190 HP.

2.11 Labor del cultivo

En la labor del cultivo es fundamental el aporque en la caña, principalmente en zonas con alta precipitación y suelos de texturas finas, por cuanto:

Crea un desnivel de 15 a 20 cm entre el fondo de la calle y las cepas de la planta, lo cual evita que el exceso de agua cubra estas últimas e impida el rebrote. En forma adicional, esta labor facilita el riego por surcos y reduce el daño de la maquinaria sobre las cepas. Existen equipos por surcos y reduce el daño de la maquinaria de la cepa, integrado que permiten cultivar, aporcar y fertilizar en un solo pase de tractor” (Gutiérrez, 1995).

2.12 Resiembra

Las resiembras radican para plantar en espacio donde no hubo desarrollo de la cepa o desaparición debido a daños causados por la cosecha, estas resiembras se ejecutan con semilla o esquejes plantando en un hueco realizado con pala o barretón. Toruño & Arias, (2010) indican que “la resiembra es una práctica de cultivo necesaria en la producción

de caña de azúcar y consiste en reponer el material de siembra que no germinó o donde la caña no retoñó después del corte”.

Otra manera de llevarla a cabo es con rebrotes o parte de macollo de una cepa, este material se planta igual que el anterior. El desarrollo de esta práctica está ligado al riego, después de ser plantado se deben regar con mayor frecuencia para su óptimo crecimiento.

2.13 Riegos

Para la caña de azúcar el riego es una actividad casi obligatoria en gran parte del sector cañicultor, debido a que en el valle geográfico del río Cauca la precipitación oscila entre 700 y 1500 mm anualmente. Las mayores precipitaciones que se presentan ocurren de marzo a mayo y de octubre a noviembre. Por tal motivo, en gran parte del año el requerimiento del riego se hace de manera rutinaria. El requerimiento total de agua para la caña de azúcar varía de acuerdo al tipo de suelo, a la variedad y la condición de la planta (Evo transpiración) el cual es regido por balance hídrico de la plantación, el valor oscila entre 600 Y 2000 mm por cada riego efectuado en el cultivo. Existen diferentes fuentes de agua para desarrollar el riego, una de los principios de menor costo es fuente superficial o acequia con corriente, la cual es utilizada de manera fácil, aprovechando la pendiente de donde proviene. Otra es a través de bombeo (Pozo con motor, bomba y motobomba) extraída de un pozo profundo o de un río cercano.

2.14 Maduración

Villegas y Arcila, (1995) argumentan que si las condiciones naturales no son las adecuadas para una correcta de las plantas de caña de azúcar, existe la posibilidad de efectuar una inducción a través de la aplicación de productos químicos que reciben el nombre de madurantes. La aplicación puede ser efectuada a según Villegas y Arcila (2003) haciendo uso de avionetas que utilizan “micronairs” como aspersores, el volumen

del producto frecuentemente varía entre 7 y 10 litros/ha, mientras que con aviones livianos de menor capacidad de carga se aplican 5 litros/ha.

2.15 CATE (Corte, Alce, Transporte y Entrega de cosecha de la caña de azúcar)

La cosecha en el sector agroindustrial de la caña de azúcar del Valle geográfico del río Cauca se realiza de forma superficial ejecutándose a los 12 meses de edad y en algunos casos no menor a 18 meses. (Larrahondo, 1995) El realizado por Larrahondo en el año 1995 sobre la maduración, mostro diferencias en variedades que permiten identificar su capacidad de concentración de sacarosa desde muy temprano, con edades a partir de los 9 meses hasta alcanzar su máxima concentración en algunos casos entre 12 a 18 meses. Esta operación en el Valle del Cauca se realiza todo el año debido a que las condiciones climatológicas lo permiten, especialmente las precipitaciones, que se distribuyen en el año.

2.15.1 La cosecha Manual. La cosecha manual consiste en hacer el corte del tallo al nivel del suelo por parte de los corteros, esta labor puede ejecutarse de dos formas: cosecha en caña quemada y cosecha en verde. La cosecha manual quemada es el proceso por el cual se incendia las plantaciones de manera controlada, con el objetivo de facilitar al cortero su labor; con un rendimiento entre 5 a 8 toneladas de corte al día por cada persona. No obstante esta práctica sigue siendo cuestionadas debido al impacto ambiental que esta causa. La cosecha manual en verde se realiza en zonas con influencia habitable, donde están restringidas las quemas, dificultado un poco la labor del corte, de esta manera el rendimiento de corte baja, con un índice de corte entre 2 a 5 toneladas de caña al día por cada persona.

El corte de la caña de manera manual la realiza el personal con un machete, la caña es ordenada en chorras perpendicular a la línea de surco para realizar el proceso de alce, se realiza con una alzadora mecánica siendo este la mejor alternativa para eficiencia y de menores costos frente a una cosecha mecánica. Esta recoge, levanta y ubica las

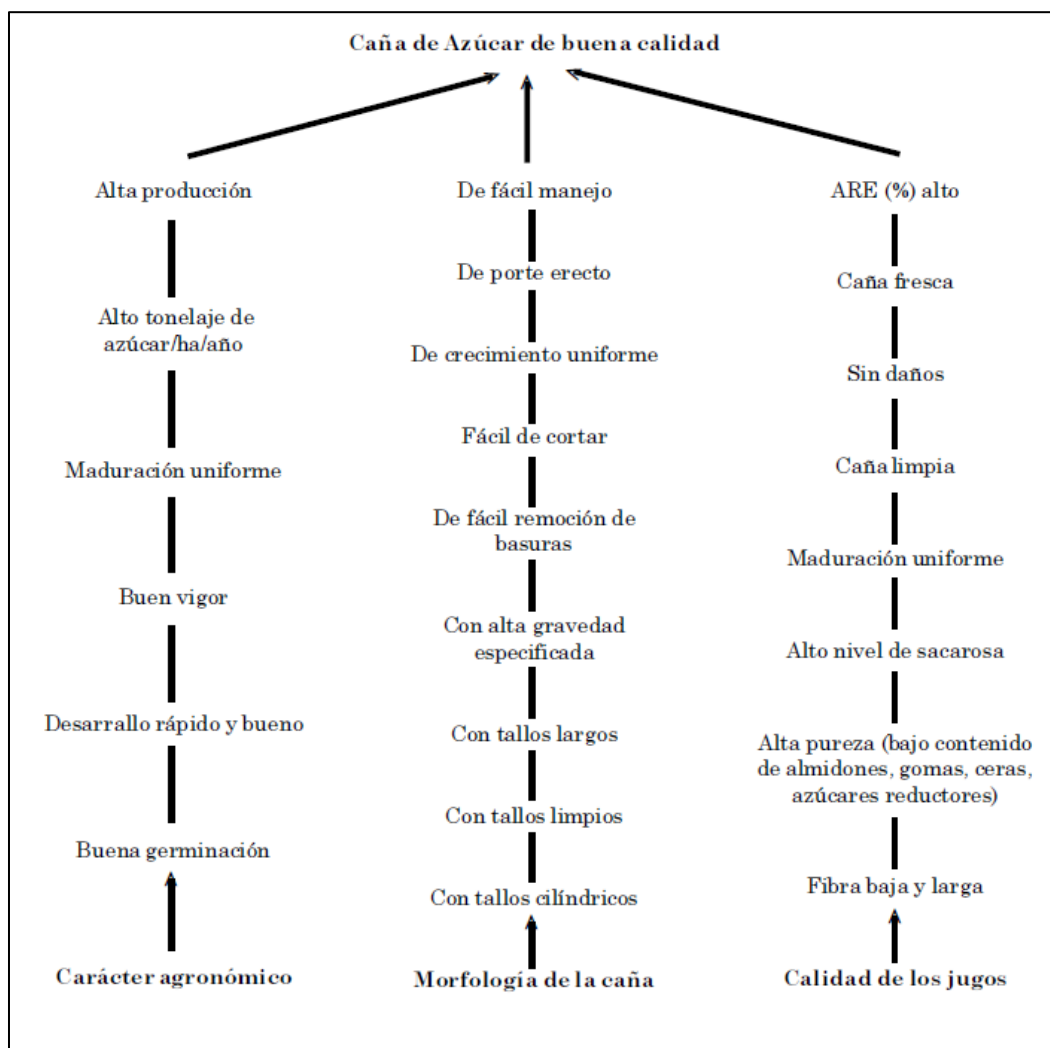
choras en el vagón cañero, por el cual va a ser transportado hacia la fábrica por medio de las tractomulas.

2.15.2 Cosecha Mecanizada. En esta labor se utiliza maquinas integrales autopropulsadas. Giraldo, 1995, indica que el corte mecánico es de manera sistemática que cortan, trozan, limpian y alzan la caña de azúcar directamente al equipo de transporte compuesto de tractocamiones y vagones, que serán llevados hasta la fábrica. El rendimiento de este proceso oscila entre 23 a 25 toneladas de caña por hora de operación.

2.16 Calidad de caña de azúcar.

El procesamiento de la caña de azúcar es efectuado con ánimo de extraer la sacarosa y refiere una actividad que inicia en la labor de campo. Ahora bien, múltiples son los factores que se vinculan con el desarrollo de tal proceso, y entre ellos se destacan: la variedad de caña, el tipo de suelo en el cual se cultiva, las diversas prácticas de manejo, entre las que se encuentra la forma en que se aplica el fertilizante y el grado madurez de la caña de azúcar, todos estos aspectos aunados terminaran estableciendo la calidad del producto. Ahora bien “La caña con óptima calidad da mayores rendimientos fabriles para beneficio, tanto de los ingenios como de los cultivadores del sector azucarero” (Larrahondo, 1995). En la figura 1 se muestra las principales características que debe reunir la caña de azúcar para su óptima calidad.

Figura 1. Características de la caña de azúcar de buena calidad



Fuente: ASOCAÑA

2.17 Factores que afectan la calidad de la caña

La calidad de la caña depende de varios factores que están relacionados con la parte fisiológica del cultivo que son características propias de la variedad, climatológica que depende de la precipitación, temperatura, luminosidad, entre otras, labores culturales tales como siembra, riego, fertilización, roturación, manejo de plagas y enfermedades, control de malezas, etc., y cosecha derivado del tipo de corte y su tiempo de permanencia (Castillo & Garcés, 2015).

Figura 2. Factores que afectan la calidad de la caña



Fuente: ASOCAÑA

2.18 Recomendaciones de tiempo en labores culturales de la caña de azúcar

Las recomendaciones que a continuación se exponen, evidencian los rangos de tiempo adecuados para la ejecución de labores fundamentales en el cultivo como es el caso del levantamiento en plantilla (Siembra reciente) y soca (Después del corte de la cosecha).

2.18.1 Resiembra. En plantilla es factible realizar la resiembra con trozos, con un lapso de tiempo de entre 30 y 50 días después de la siembra, de acuerdo a lo especificado por Risaralda (2006) quien indica que la resiembra con macollos puede ejecutarse en un periodo de los 90 y 120 días, mientras que en las socas el periodo especificado oscila entre los 15 y 20 días después del corte si se han utilizado tallos, y entre 90 y 120 días si se han empleado macollos.

2.18.2 Riego. Es efectuado luego de los 45 o 60 días de edad de la planta de caña de azúcar y se extiende hasta que esta ha alcanzado los 10 meses de edad. Risaralda, (2006) indica que en lo correspondiente a la soca este proceso se inicia a los 60 días después del corte y finaliza a los 10 meses de edad del cultivo. Esta operación es regida por el balance hídrico, el cual es el procedimiento para ejecutar riegos programados, obtenido el uso eficiente y sostenible de agua refiere “una especie de contabilidad del agua del suelo en el que se registran las pérdidas y ganancias de humedad” (Torres, 1995).

2.18.3 Roturación. Este proceso se suele efectuar en las plantas luego de un periodo de 40 días posteriores a la siembra, en lo que respecta a las socas el periodo de realización comprende un lapso de entre 15 y 30 días luego de la cosecha

2.18.4. Fertilización. En relación a este proceso, Risaralda (2006) indica que se suele ejecutar en un lapso posterior a la siembra de entre 45 y 75 días; así mismo, cuando se trata de soca, se realiza en un lapso de entre los 45 y 60 días después del corte.

2.18.5 Control químico de malezas. Consiste en el manejo de productos químicos para el control de malezas y en la plantilla se suele efectuar en un periodo de 8 a 60 días posteriores a la siembra, mientras en soca se ejecuta “entre los 45 y 120 días después del corte, en pos emergencia temprana de las malezas” (Risaralda, 2006)

2.18.6 Control manual de malezas. Aunque resulta dispendioso posee múltiples ventajas, por cuanto evita la contaminación química, Risaralda (2006) indica que el control manual de malezas se efectúa entre los 60 y 150 días de siembra del cultivo tanto en plantilla y soca.

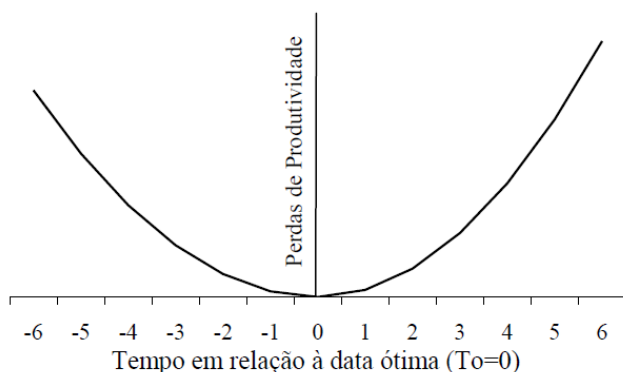
2.18.7 Despaje. Esta actividad se suele ejecutar después del corte y hasta pasado 8 días siguientes, tanto en semilleros como en la soca de plantaciones.

2.17 Definición de Puntualidad

La puntualidad es la capacidad de efectuar las operaciones en la época en que la calidad y/o cantidad de un producto son optimizadas. Según Matos (2007) la productividad de los cultivos es afectada por la época de realización de las labores, caracterizándose la importancia de la puntualidad en la operación, de esta forma, el análisis de la puntualidad en las labores con relación a la producción, es un factor determinante para el incremento de la rentabilidad en el cultivo de soya.

La representación general de las pérdidas de productividad, con relación al tiempo ideal en los que se refiera a la fecha óptima de realización de la operación:

Figura 3. Forma generalizada de una curva de pérdida de productividad en función de la fecha óptima de realización de la operación agrícola.

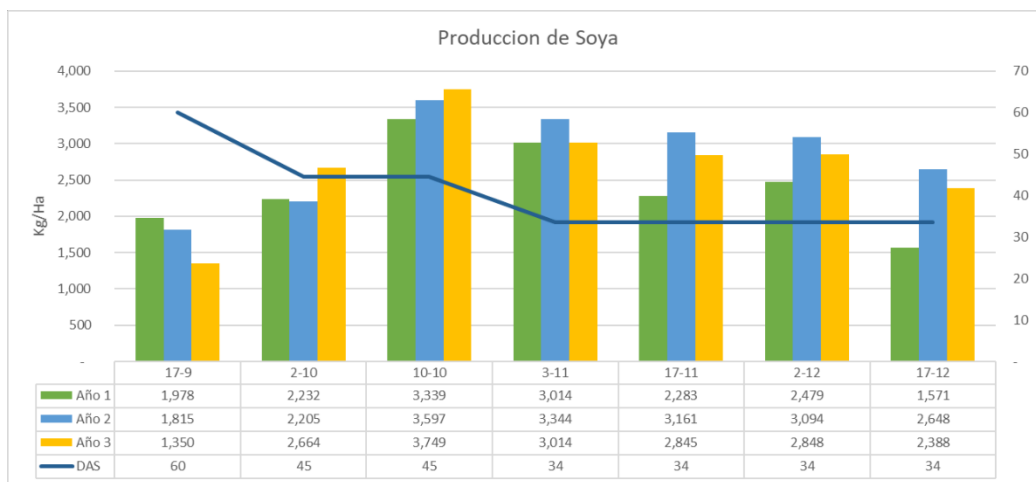


Fuente: Milán (2004)

2.17.1 Puntualidad de siembra de soya en Brasil. El cultivo de la soya es una de las primeras en ser totalmente mecanizada y asociada al sistema de plantación directa predominante en Brasil, la participación del costo envolviendo las máquinas agrícolas alcanzó el 25,5% del total en la cosecha 2005/06. Debido a la sensibilidad del cultivo relacionado a la fenología, los retrasos en la operación mecanizada de siembra pueden

ocasionar reducción en la productividad y consecuentemente en el retorno económico, la influencia de la puntualidad en la siembra de soja es analizada con base en la productividad en función de la fecha de ejecución del cultivo. Para ello se proporcionan los resultados para una plantación sembrada en diferentes fechas, en tres años consecutivos (Año 1, 2 y 3) y en la misma localidad (Milan, 2004).

Figura 4. Producción de soja. Modificada



Fuente: Milán (2004)

La producción se determina buscando valores promedio en un lote, en este sentido, se establece que:

Este procedimiento no reconoce que la RP presenta variaciones espaciales (horizontal y vertical) y temporal, debido a procesos naturales del suelo y al manejo del mismo. Por esta razón, para su estimación en forma precisa se requiere un número considerable de mediciones en diferentes sitios y profundidades del lote, acompañadas de análisis espaciales posteriores (Medina et al., 2012 citado por Cortes, Camacho-Tamayo, & Leiva, 2013. p.1).

Es importante indicar que son diversas las técnicas para el estudio de la producción, entre ellas se destacan la geoestadística, el análisis univariado, y el análisis multivariado.

El análisis univariado favorece la ejecución de un comportamiento promedio en un área especificada de acuerdo a las variables participantes, mientras la estadística multivariada favorece la unión de datos en pocos intervalos significativos, de esta forma se ejecuta un análisis mediante el análisis de componentes principales (ACP) y la agrupación de forma jerárquica (AAJ).

De manera holística, es importante especificar que estas técnicas incluyen una gran cantidad de variables y por consiguiente “estos métodos multivariados son aplicados para clasificar, modelar y evaluar resultados de estudios ambientales y de producción agrícola” (Ramos et al., 2007 citado por Cortes, Camacho-Tamayo, & Leiva, 2013. p.1).

2.18 Costo de producción en la producción de caña de azúcar.

Las actividades que se ejecutan en el levantamiento del cultivo de la caña de azúcar son de gran importancia e inciden en la gran parte de los costos de producción y por ende en la rentabilidad del ejercicio financiero del sostenimiento de la caña de azúcar; teniendo en cuenta que el costo producción de la materia prima representa más del 50% en el costo total de la producción de caña. La metodología de evaluar de manera permanente cada una de las operaciones ejecutadas en función a la producción obtenida se vuelve casi obligatoria en el sector agroindustrial. Esta evaluación consiste en identificar cada uno de los recursos demandados en las labores, tales como el combustible, mano de obra, insumos químicos, maquinaria, semillas, entre otras.

La puntualidad y la eficacia en el uso de cada uno de los recursos que se utilizan en cada una de las actividades radican en la planeación estratégica de la operación en el momento oportuno de ejecutar la labor.

El costo total de producción de caña de azúcar en Colombia y para el periodo de referencia, es de 5.000.000 \$/ha aproximadamente, equivalente a 1.420 \$/t; tal resultado difiere de las suertes cosechadas en el ingenio Pichichi SA., para las suertes analizadas, cuyo costo por tonelada, en sistema convencional (No orgánico) fue de \$42.000. El costo

promedio por hectárea por cada labor se incurrió por compra de fertilizantes (24%), compra de semilla (6%), uso de agroquímicos (16%), para el riego (30%) y adecuación y preparación de suelo (10%) y demás labores (14%).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción de los materiales.

3.1.1 Variedades. La diversidad de la caña se constituye en la materia prima para la fabricación del azúcar. En este contexto, la utilidad de la inversión en los programas de investigación y selección tiene por objeto hallar variedades con óptima adaptación, que sean resistentes a las diversas plagas, y enfermedades, en pro del mejoramiento de la productividad y la optimización de utilidades. “La experiencia indica que este proceso es costoso y con beneficios en el mediano-largo plazo” (Victoria et al., 2013).

Variedad CC 85-92, De acuerdo con victoria et al (2013) esta variedad se caracteriza por ser larga, curvada y ligeramente reclinada, su entrenudo tiene una forma cilíndrica, con una longitud de 13 a 16 cm y un diámetro de 30 a 32 mm, suele ser de color morado si permanece mucho tiempo expuesta al sol, mientras que cuando el tallo alcanza su maduración adquiere un color verdoso. También posee anillo ceroso y canal de yema, el nudo posee un anillo de crecimiento de color verde violáceo y de 2 mm de ancho, mientras la yema es orbicular con vestidura marginal o sobrepasa el anillo de crecimiento, las hojas son largas y angostas con un óptimo deshoje, y cuenta con una aurícula deltoide, mientras la yagua es suele ser verde.

En lo que concierne a la producción de caña (t/ha), esta variedad se destaca en varias zonas agroecológicas. “Los mejores resultados se obtienen en las zonas 2C1 con un 42% superior al del testigo MZC 74-275, 3C2 (36%), 6C0 (34%) y 8C0 y 9C3 (29%)” (Victoria et al., 2013).

Figura 5. Variedad CC85-92



Fuente: Cenicaña (2020)

La variedad CC 93-4418 refiere un producto que se origina por el cruzamiento de dos variedades la Mex 64-1487 y la MZC 74-275, las cuales ofertan un alto rendimiento en la producción azucarera. “Su selección como Cenicaña Colombia (CC) 93-4418 ocurrió en 1993 en el ambiente semiseco de la subestación de selección y desarrollo, ubicada en el ingenio Sancarlos” (Victoria et al., 2013. citados por Cenicaña, 2018). Esta variedad mejorada se desarrolló para suelos con excelente fertilidad y excelente drenado. Finalmente, se destacan entre sus cualidades la resistencia a la roya café y su porte erecto, estos aspectos favorecen el desarrollo de la cosecha mecanizada

La productividad de esta variedad en toneladas de azúcar por hectárea (TAH) resultó por encima de las variedades cosechadas. El comportamiento de esta variedad de acuerdo con Victoria et al (2013) en los años 2013 y 2014 superó a la CC 85-92 en 2.0 TAH y

1.8 TAH, respectivamente. En 2015 su productividad fue de 14.2 TAH, 1.1 TAH más que CC 85-92

Figura 6. Variedad CC93-4418



Fuente: Cenicaña (2020)

Variedad CC 01-1940 Se produjo como resultado del cruce entre las variedades CCSP 89- 1997 y CC 91-1583. En las pruebas regionales de la zona húmeda, esta variedad manifiesta un gran potencial productivo de sacarosa con tonelajes iguales y en algunos casos superiores al testigo CC 85-92. En campo ha demostrado ser “una variedad de mayor población, altura, con mayores tasas de crecimiento y al final un mayor tonelaje de caña por hectárea (TCH)” (Victoria et al., 2013. p.33).

Las evidencias de los correspondientes resultados comerciales permiten establecer que:

Hasta el séptimo corte la variedad es igual o superior a CC 85-92 en TCH y porcentaje de rendimiento en azúcar, así como representa mayor rentabilidad tanto para el Ingenio como para el proveedor de caña. El análisis de información comercial de CC 01-1940 en el ingenio La Cabaña muestra su impacto positivo en

las zonas húmedas del ingenio, donde se incrementó la productividad superando en promedio en casi 18 TCH a la CC 85-92 (Victoria et al., 2013. p.35).

Figura 7. Variedad CC01-1940



Fuente: Cenicaña (2020)

3.1.2 Labores. Según Porras (1995) el despaje de los residuos que quedan luego de la debida recolección de la caña se constituyen en material vegetativo que brinda nutrientes de gran valor, pero que deben organizarse adecuadamente para que el rebrote se efectúe oportunamente y facilite el crecimiento de las socas. Ahora bien, se recomienda realizar encalle 2x1 de los residuos si se ha efectuado un corte en verde y 4 x 1 si se ha ejecutado un corte

Figura 8. Despajadora



Fuente: Cenicaña (2020)

Figura 9. Ganchos



Fuente: Cenicaña (2020)

Para Porras (1995) La roturación de suelos es igual a ejecutarla en la etapa de preparación y adecuación. Se hace después de la cosecha, para fracturar el suelo, mejorar la infiltración del agua, aire y nutrientes, minimizando terrones que dificulte el crecimiento de la cepa y facilitando la propagación de raíces.

La labor es efectuada, haciendo uso de maquinaria de categoría 6, es decir con “implementos subsuelo de tipo cenitándem, minitandem, subsuelo doble, subsuelo sencillo, subsuelo topo” (Porra, 1996, p.76).

Figura 10. Implemento escarificador



Implemento escarificador

Fuente: cenicaña (2020)

Figura 11. Implemento Subsuelo



Implemento subsuelo para roturación

Fuente: cenicaña (2020)

La resiembra consiste fundamentalmente en cubrir espacios vacíos superiores a un metro, cuando no se ha presentado la germinación esperada, por lo que se hace inminente la necesidad de incrementar el número de tallos, esta actividad se efectúa con tallos tiernos de 7 a 9 meses de edad, o con plántulas ya sembradas en semilleros o bolsas.

Figura 12. Esqueje y plántulas



Esqueje con brotes y semilleros de caña

Fuente: Cenicaña (2020)

La Fertilización, consiste en aplicar el producto distribuido en abonadoras de dos tolvas cuya capacidad es de 500 a 550 kg, para su suministro con tractor. “El sistema de aplicación que presentan es de tornillo sinfín calibrado y configurado para la correcta dosificación del producto teniendo en cuenta la forma de despaje (encalle de residuos 2x1, 4x1 o plantilla)” (Porras, 1995). En algunas oportunidades se puede aplicar el producto haciendo uso de talento humano, que con abonadoras en la espalda pueden esparcir el producto en el terreno.

Figura 13. Abonadoras



Tractor con implemento abonadora de dos tolvas

Fuente: Cenicaña (2020)

3.2 Descripción del área de estudio

Con miras de identificar el efecto de realizar las labores del cultivo en el momento oportuno y su influencia en la productividad, se desarrolló un estudio comparativo que permitió evaluar el impacto de la producción. Por lo tanto, el trabajo se elaboró en diferentes zonas sembradas alrededor el Ingenio Pichichi y además de diferentes zonas agroecológicas (11H0, 6H1, 1H1, 18H1, 26H1, 27H0, 30H0) y lotes (suertes) cultivados en caña de azúcar en el ingenio Pichichi;

Para cada una de las (decir el número de suertes y zonas agroecológicas) suertes se analizó por un periodo de 9 años (2009. 2018), los registros de producción y ejecución de las labores realizadas en cada ciclo de levantamiento del cultivo de caña de azúcar.

3.4 Descripción del modelo de análisis para el estudio

Con base en los registros de las variables de producción TCH, TAH, de precipitación y evaporación diaria, la realización oportuna de las labores y las variables de clasificación de zonas agroecológicas, se elaboró un modelo estadístico a partir del análisis multivariado de las variables,

3.3 Tratamientos

La experimentación se enmarcó en un diseño factorial con diferentes factores que están denominado en las labores (Despaje, Roturación, Fertilización y Resiembra) y los niveles identificados por SI/NO relacionado la puntualidad de labores. Los tratamientos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos implementados.

RANGOS	DIAS DESPUES DEL CORTE			
	0	0	30	0
	7	7	45	30
	10	20	60	50

Despaje	Roturación	Fertilización	Resiembra
SI	SI	SI	SI
NO	NO	NO	NO

Fuente: Ingenio Pichichi S.A.

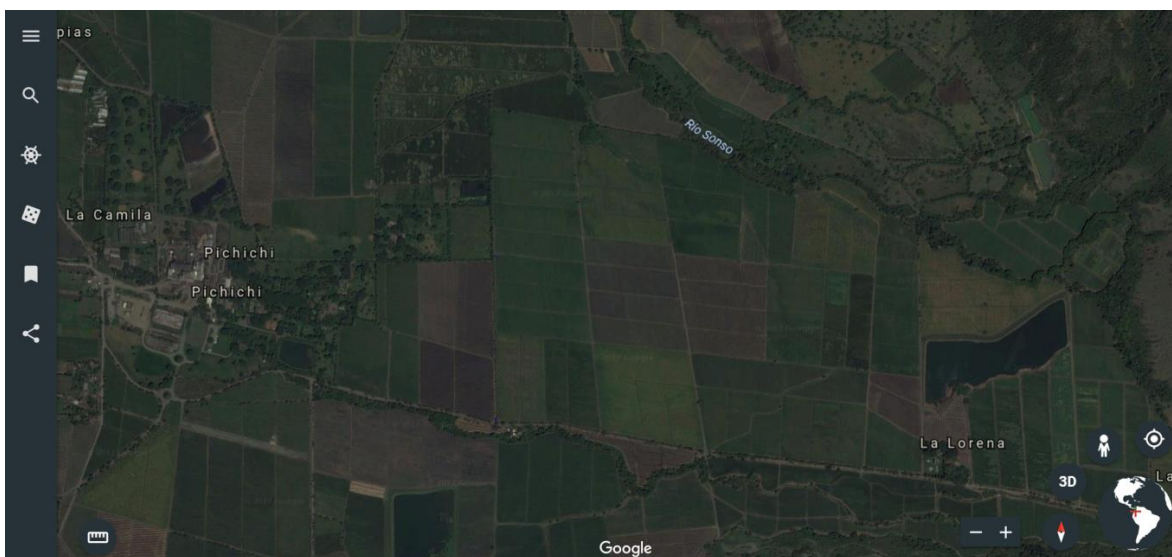
En la tabla aparecen límites en días para ejecutar cada labor después del corte de caña (Cosecha). Por ejemplo, la labor de despaje tuvo como límite ejecutar 10 días después del corte (ddc), la roturación 20 ddc; las suertes que se ejecutaron antes del límite

establecido por cada labor, cumplían resumida en “SI”, las suertes que superara el límite pactado se denominarían “NO”, ya que ejecutaba a destiempo la labor.

3.4 Caracterización del área de estudio

El estudio se realizó en las haciendas pertenecientes al ingenio Pichichi, ubicado en el municipio de Guacarí del departamento del Valle del Cauca a 966 m.s.n.m, con coordenadas geográficas 3° 46` de latitud Norte y a 76° 15` de longitud Oeste. Las zonas presentan temperatura media anual de 23 °C y precipitación media anual 1 mm (máximo mensual 140 mm y mínimo mensual 8 mm) respectivamente (Registro base de datos climatológica del ingenio Pichichi).

Figura 14. Ubicación de hacienda Ingenio Pichichi



Tomada de Google Maps (2020)

Se recolectaron datos en 15 predios y 35 lotes localizados en el ingenio Pichichi, las suertes están ubicadas en los municipios de Guacarí, Guadalajara de Buga, Ginebra, Yotoco y San Pedro; bajo la influencia de distintas condiciones agroecológicas (11H0, 6H1, 1H1, 18H1, 26H1, 27H0, 30H0). “La caracterización de cada localidad se realizó con base a la variedad de la suerte y el grupo de humedad descrito en la zonificación agroecológica para cultivo de caña realizado por Cenicaña” (Carbonell, et al., 2011). La

zonificación agroecológica es una herramienta multifuncional que contribuye científicamente en la gestión de proyectos de desarrollo de tierras a escala predial, local y regional.

Tabla 2. Datos del área geográfica de cultivo

ZONA	CODIGO	FINCA	AREA HACIENDA	MUNICIPIO	# DE SUERTES Y/O LOTES	COORDENADAS GEOGRAFICAS	ZONA AGROECOLOGICA PREDOMINANTE (LONGITUD / LATITUD)
A	2047	LA MARGARITA	85.45	GUACARI	4	-76.3680 / 3.7505	11H0
	2089	BUENOS AIRES	17.72	GUACARI	1	-76.3656 / 3.7625	6H1
	2088	LA MATILDE	45.01	GUACARI	3	-76.3582 / 3.7412	6H1
B	1049	SANTA MARTHA	63.43	GUACARI	3	-76.3567 / 3.8197	1H1
	1082	GARACHINE	23.86	GUADALAJARA DE BUGA	2	-76.3854 / 3.8140	18H0
D	1011	EL MISTER	18.85	GUACARI	4	-76.2930 / 3.7737	26H1
	1026	HACIENDA CABAL	5.19	GUACARI	1	-76.2791 / 3.7680	26H1
E	2051	CECILIA Y JUAN JOSE 2	3.66	GINEBRA	1	-76.2675 / 3.7373	27H0
	2007	LA FRANCISCA	7.67	GINEBRA	1	-76.2710 / 3.7098	1H1
	2010	LA CABAÑA	12.73	GINEBRA	2	-76.2572 / 3.7193	11H1
	2015	TURIN	47.59	GINEBRA	2	-76.3058 / 3.7303	6H1
F	1062	GUAIMARAL	81.79	GUADALAJARA DE BUGA	6	-76.3240 / 3.8507	1H1
G	3071	LA LEGUA	34.76	YOTOCO	3	-76.3844 / 3.8780	11H1
	3078	CACHIPAY	3.8	YOTOCO	1	-76.3683 / 3.8591	30H0
H	3021	EL SILENCIO	12.07	SAN PEDRO	1	-76.2636 / 3.9708	11H0
			463.58		35		

Fuente: Ingenio Pichichi S.A

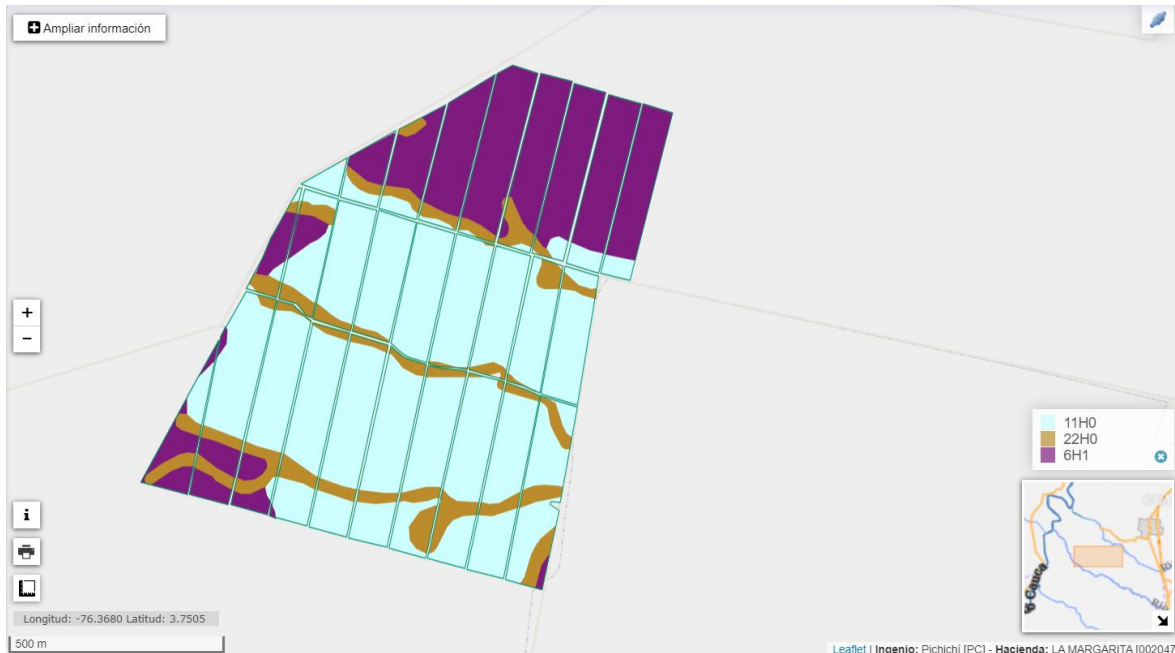
Es importante indicar que los Grupos de Humedad que fueron empleados en la cuarta aproximación de la zonificación agroecológica consideran como aspectos de agrupación la zonificación climática por balance hídrico (75% de exceso y $K_c=0.7$) así mismo, se han tomado en cuenta “los resultados del estudio detallado de suelos en cuanto al drenaje natural (como equivalencia de la permeabilidad del suelo), la pendiente topográfica y la presencia de signos de mal drenaje (moteados y gleysados) y su profundidad” (Carbonell, et al., 2011. p.58)

Tabla 3. Ordenamiento de los Grupos de Humedad

Ordenamiento de los Grupos de Humedad			
Nivel de humedad (milímetros/año)	Permeabilidad del suelo		
	Bajo	Media	Alta
Muy alto (>600)	H5	H5	H4
Alto (400 - 600)	H4	H3	H3
Medio (200 - 400)	H3	H2	H2
Bajo (0 - 200)	H2	H1	H1
Déficit (<0)	H1	H0	H0

Fuente: Ingenio Pichichi S.A.

Figura 15. Mapa de la Finca La Margarita

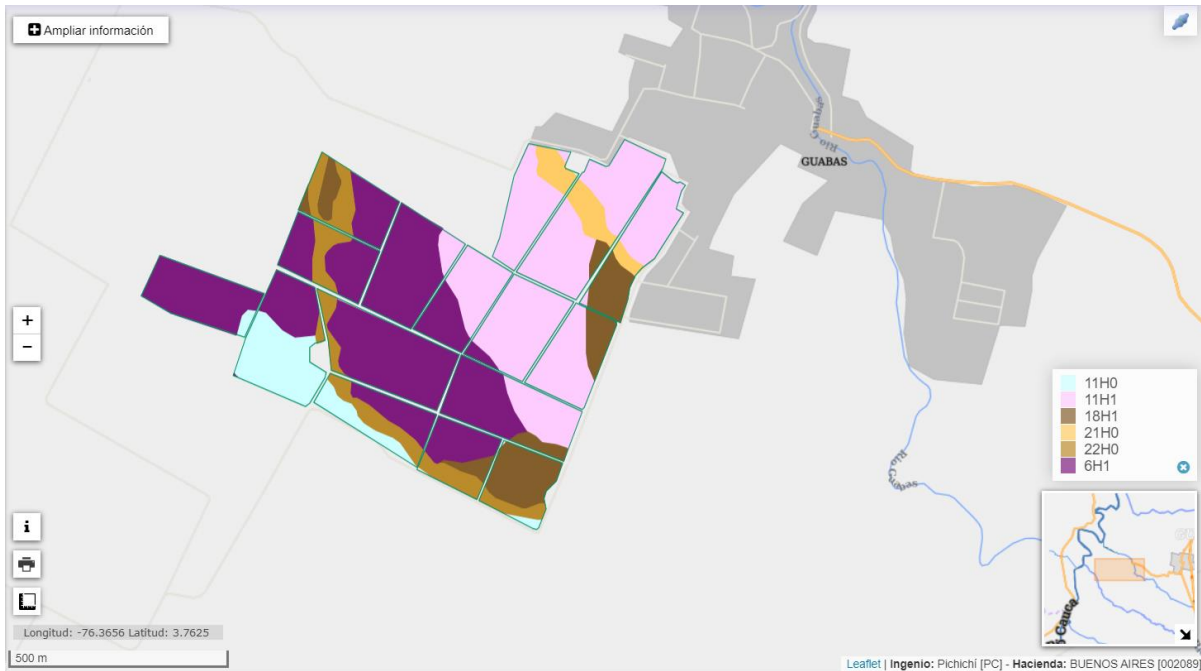


Fuente: cenicaña (2020)

La finca La Margarita, se encuentra ubicada en el municipio de Guacarí, Valle del Cauca, posee 85 hectáreas en caña, se analizaron 4 lotes o suertes, la zona agroecológica que predomina es 11H0, esta zona posee “suelos de texturas franca fina y franca fina sobre arcillosa, secos, profundos o moderadamente profundos, bien drenados o

moderadamente drenados y ubicados en el cuerpo y ápice de abanicos y en napas de desborde de la llanura aluvial” (Cenicaña, 2020).

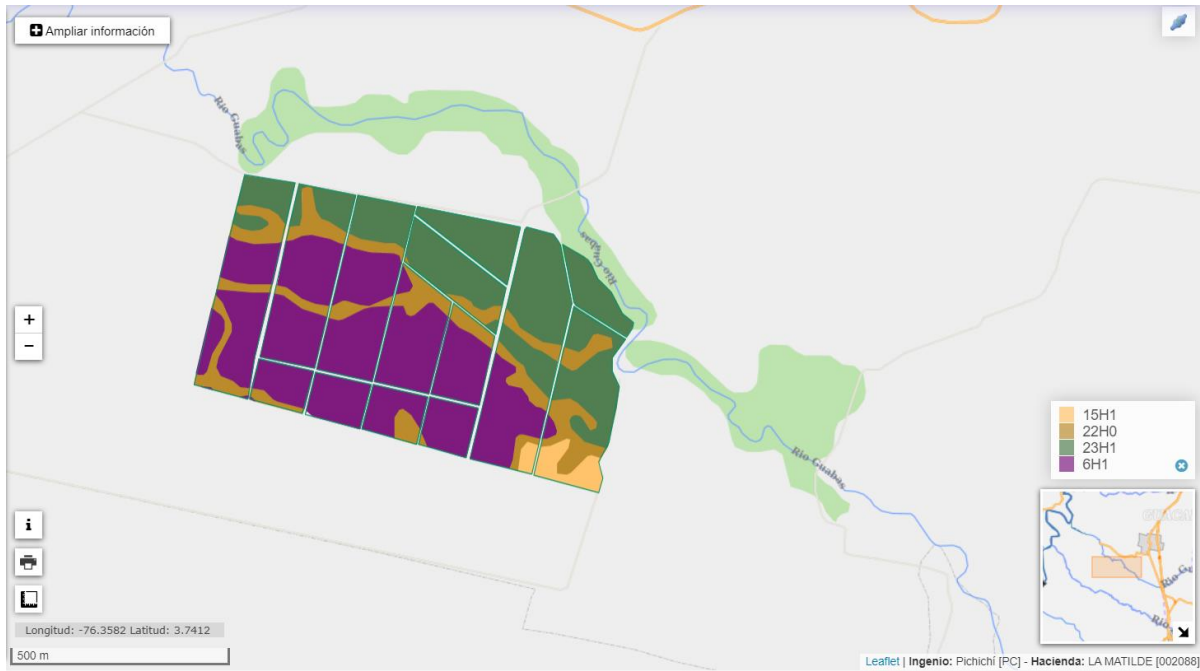
Figura 16. Mapa de la finca Buenos Aires



Fuente: cenicaña (2020)

La finca Buenos Aires, se encuentra ubicada en el municipio de Guacarí, Valle del Cauca, posee 18 hectáreas en caña, se analizó 1 lote o suerte, la zona agroecológica que predomina es 6H1, esta zona posee “suelos de textura fina, secos, profundos y moderadamente profundos que se agrietan al secarse, ubicados en el cuerpo y pie de abanicos, planos de terraza y llanuras de desborde. Limitados por escasez de macroporos y permeabilidad lenta” (Cenicaña, 2020).

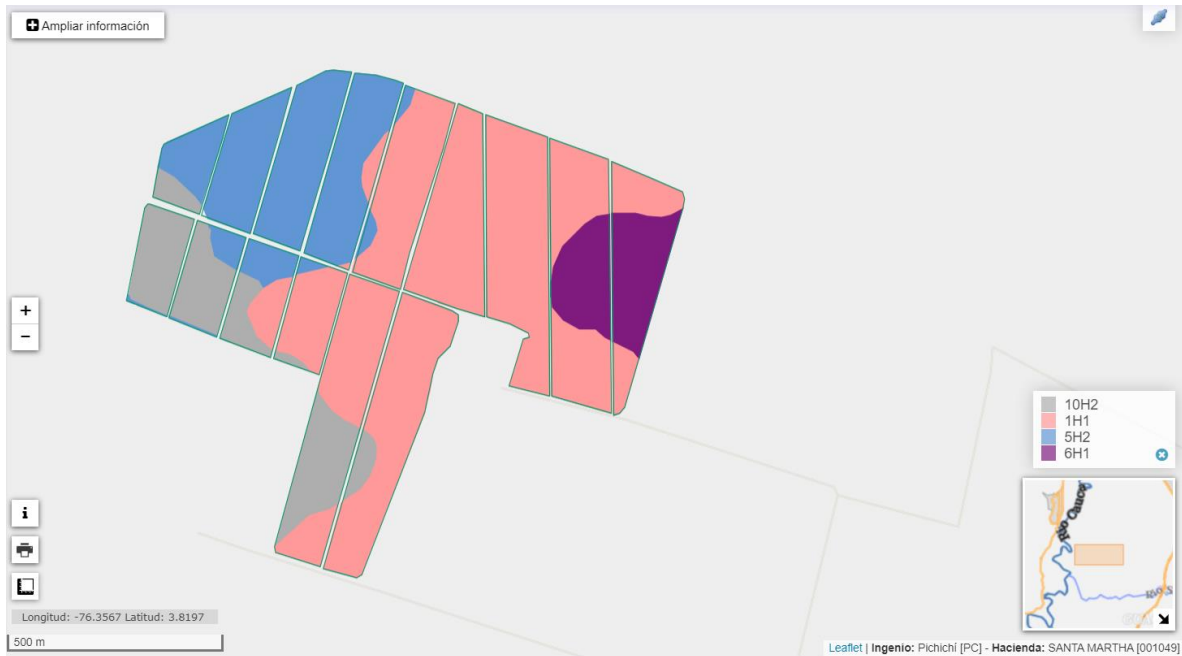
Figura 17. Mapa de la finca La Matilde



Fuente: cenicaña (2020)

La finca La Matilde, se encuentra ubicada en el municipio de Guacarí, Valle del Cauca, posee 45 hectáreas en caña, se analizó 3 lotes o suertes, la zona agroecológica que predomina es 6H1, esta zona posee “suelos de textura fina, secos, profundos y moderadamente profundos que se agrietan al secarse, ubicados en el cuerpo y pie de abanicos, planos de terraza y llanuras de desborde. Limitados por escasez de macroporos y permeabilidad lenta” (Cenicaña, 2020).

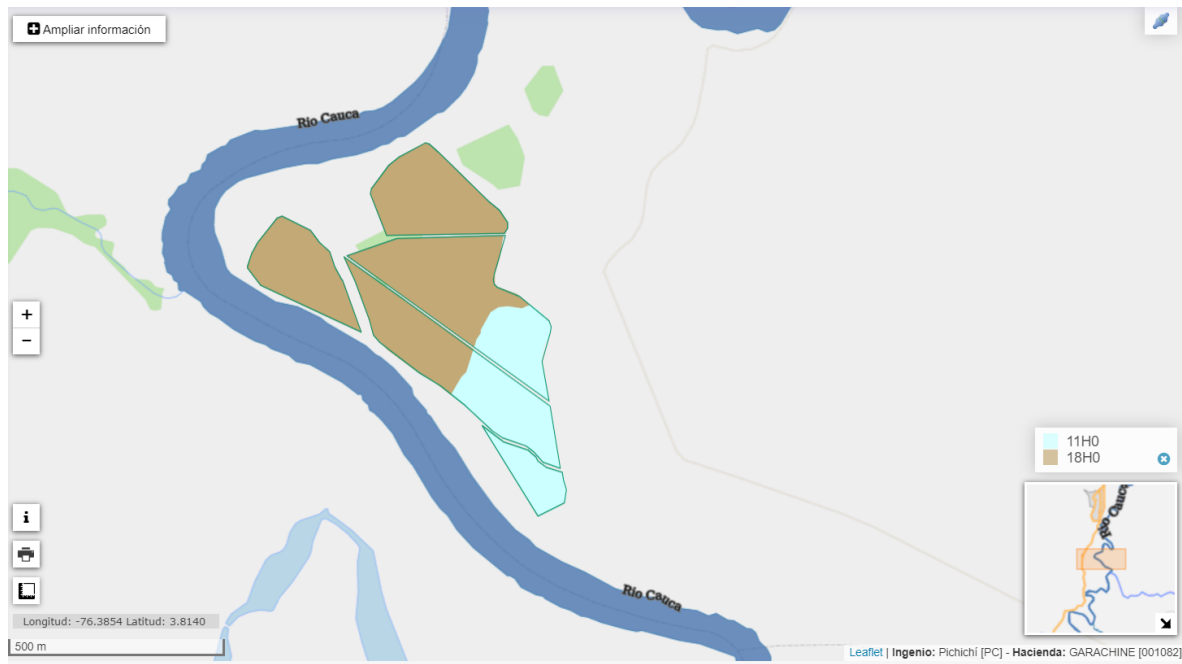
Figura 18. Mapa de la finca Santa Martha



Fuente: cenicaña (2020)

La finca Santa Martha, se encuentra ubicada en el municipio de Guacarí, Valle del Cauca, posee 63 hectáreas en caña, se analizaron 3 lotes o suertes, la zona agroecológica que predomina es 1H1, De acuerdo con Cenicaña (2020) esta zona posee suelos de textura muy fina, secos, profundos o moderadamente profundos, agrietados al secarse, ubicados principalmente en el cuerpo y pie de abanicos. El suelo Ultisol está en plano de terraza y se encuentran limitados por escasez de macroporos y permeabilidad lenta.

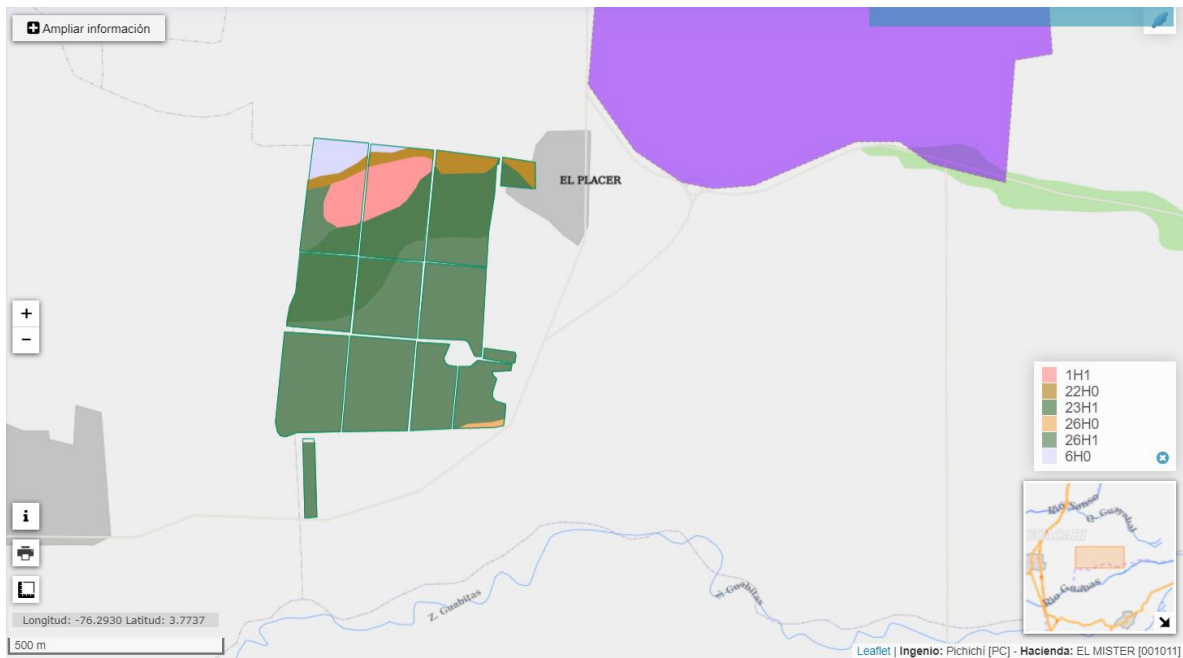
Figura 19. La finca Garachine,



Fuente: cenicaña (2020)

La finca Garachine, se encuentra ubicada en el municipio de Guadalajara de Buga, Valle del Cauca, posee 24 hectáreas en caña, se analizaron 2 lotes o suertes, la zona agroecológica que predomina es 18H0, esta zona posee “suelos de textura franca gruesa, secos, profundos o moderadamente profundos, bien drenados y ubicados en albardones, explayamientos de desborde y cuerpo y pie de abanicos. Limitados por permeabilidad muy rápida” (Cenicaña, 2020).

Figura 20. Mapa de la finca El Mister,

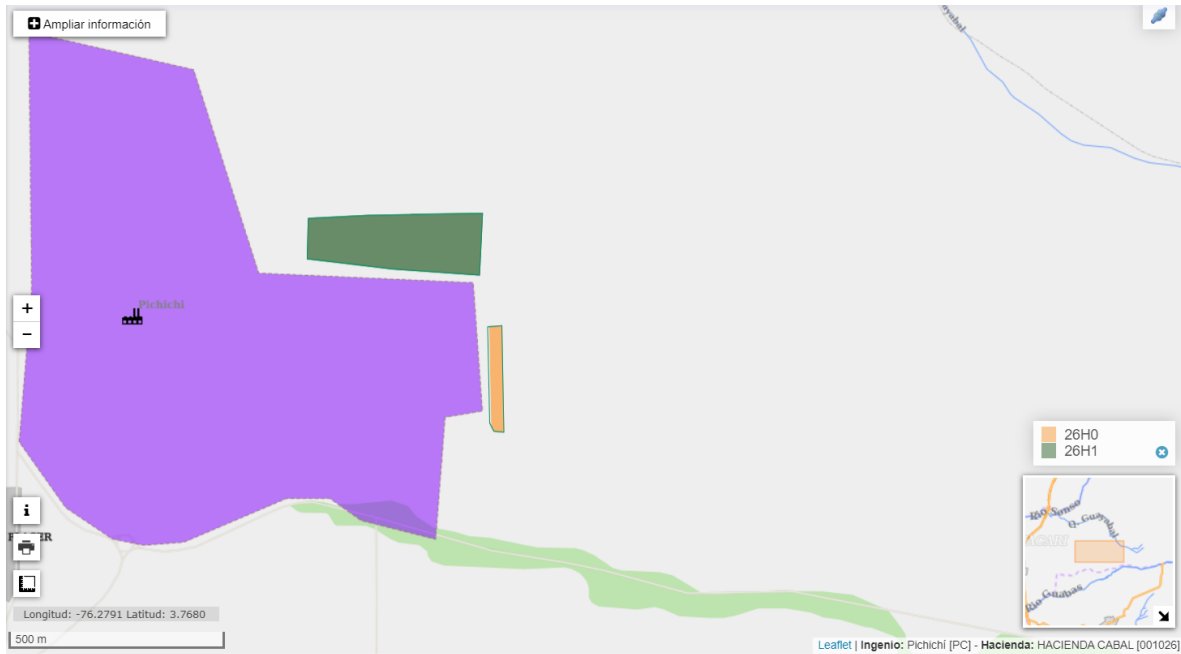


Fuente: cenicaña (2020)

La finca El Mister, se encuentra ubicada en el municipio de Guacari, Valle del Cauca, posee 18 hectáreas en caña, se analizaron 4 lotes o suertes, la zona agroecológica que predomina es 26H1, esta zona posee:

Suelos de texturas arcillosa sobre esquelética arcillosa, arcillosa sobre esquelética franca o arcillosa sobre esquelética, secos, profundos o moderadamente profundos, bien drenados o moderadamente drenados, ubicados en el cuerpo y ápice de abanicos aluviales. Limitados por escasez de macroporos y permeabilidad lenta (Cenicaña, 2020).

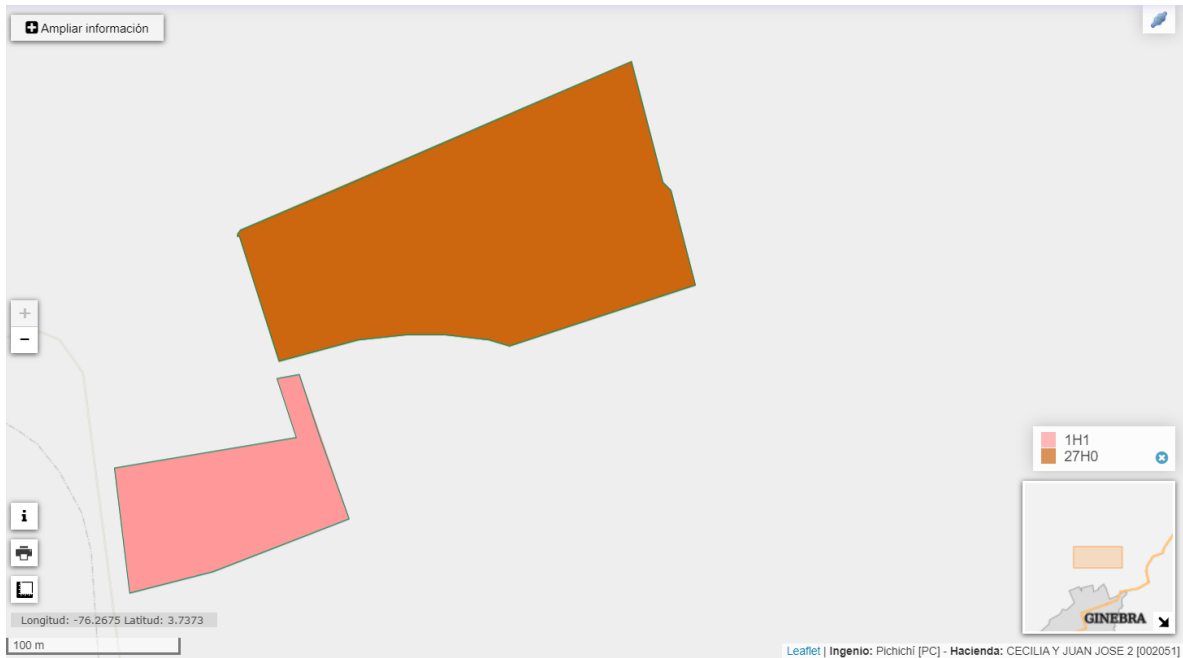
Figura 21. Mapa de la finca Hacienda Cabal



Fuente: cenicaña (2020)

La finca Hacienda Cabal, se encuentra ubicada en el municipio de Guacari, Valle del Cauca, posee 5 hectáreas en caña, se analizó 1 lotes o suertes la zona agroecológica que predomina es 26H1, esta zona posee “Suelos de texturas arcillosa sobre esquelética arcillosa, arcillosa sobre esquelética franca o arcillosa sobre esquelética, secos, profundos o moderadamente profundos, bien drenados o moderadamente drenados, ubicados en el cuerpo y ápice de abanicos aluviales” (Cenicaña, 2020), son limitados por una escasez de macroporos y permeabilidad lenta.

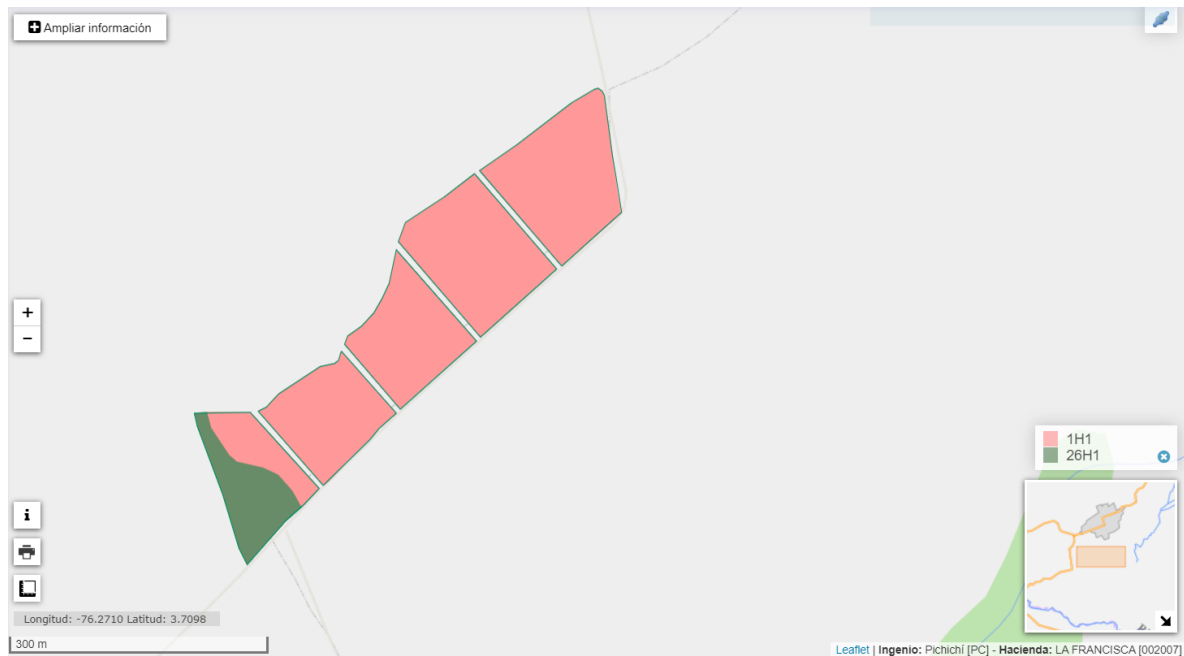
Figura 22. Mapa de la finca Hacienda Cabal



Fuente: cenicaña (2020)

La finca Hacienda Cabal, se encuentra ubicada en el municipio de Ginebra, Valle del Cauca, posee 4 hectáreas en caña, se analizó 1 lote o suerte la zona agroecológica que predomina es 27H1, esta zona posee “Suelos de texturas arcillosa sobre esquelética arcillosa, arcillosa sobre esquelética franca o arcillosa sobre esquelética, secos, profundos o moderadamente profundos, bien drenados o moderadamente drenados, ubicados en el cuerpo y ápice de abanicos aluviales” (Cenicaña, 2020), se encuentran limitados por escasez de macroporos y permeabilidad lenta.

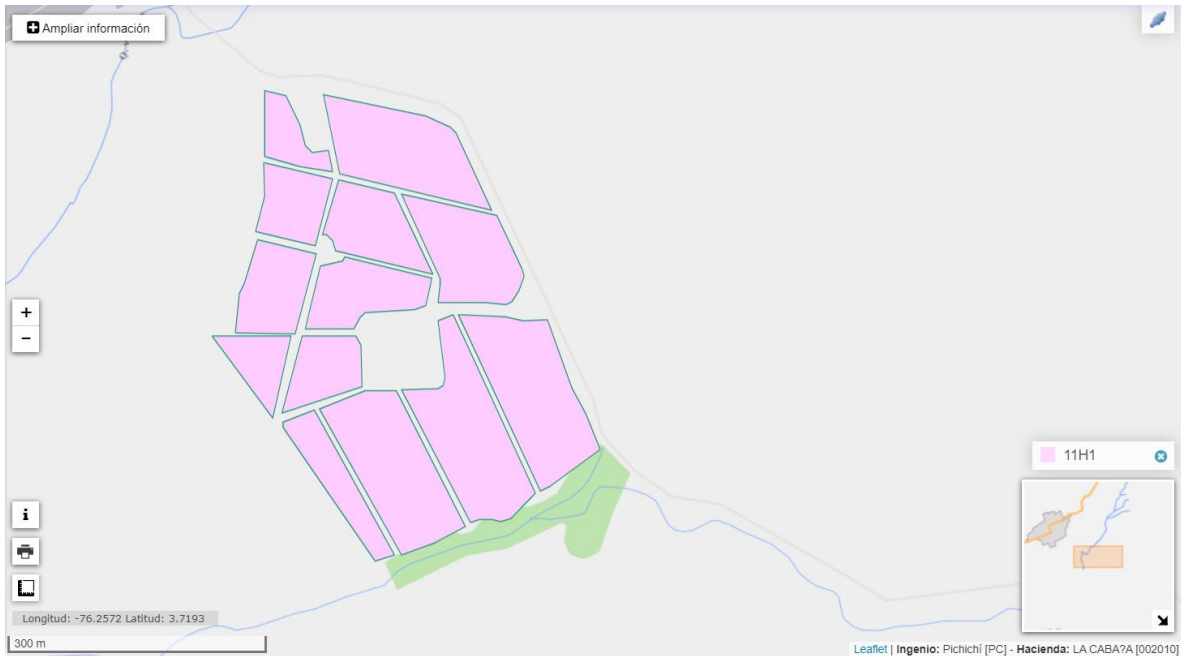
Figura 23. Mapa de La finca Francisca



Fuente: cenicaña (2020)

La finca Francisca, se encuentra ubicada en el municipio de Guacarí, Valle del Cauca, posee 8 hectáreas en caña, se analizó 1 lote o suerte, la zona agroecológica que predomina es 1H1, esta zona posee “suelos de textura muy fina, secos, profundos o moderadamente profundos, agrietados al secarse, ubicado principalmente en el cuerpo y pie de abanicos. El suelo Ultisol está en plano de terraza. Limitados por escasez de macroporos y permeabilidad lenta” (Cenicaña, 2020).

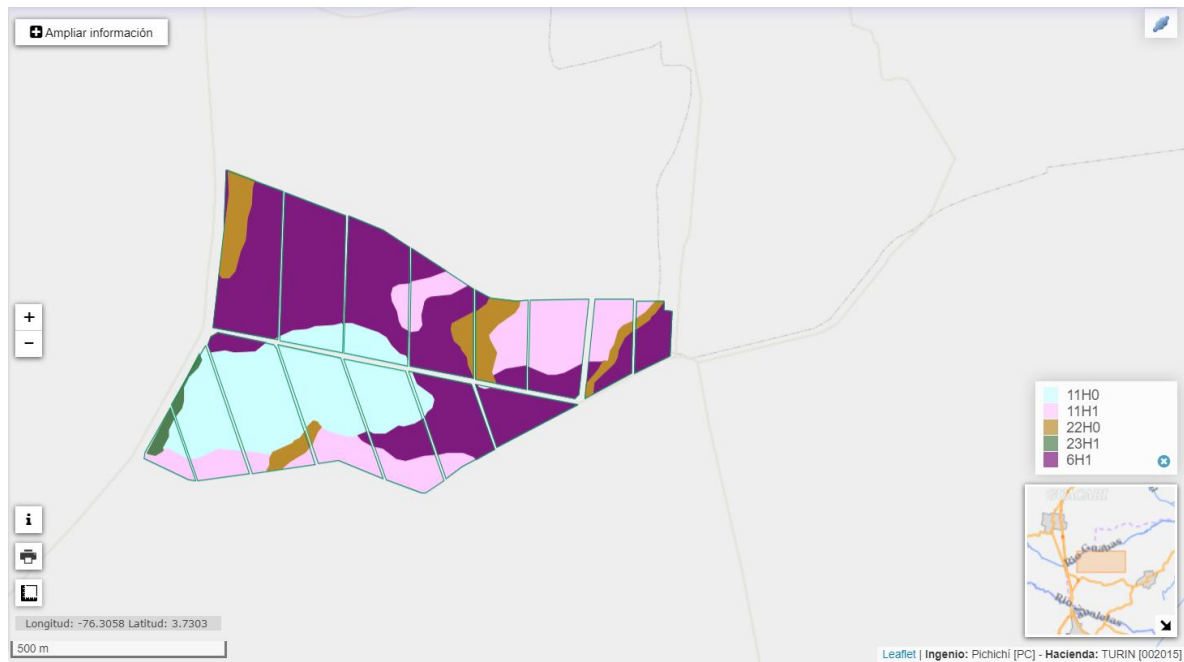
Figura 24. Mapa de la Finca La cabaña



Fuente: Cenicaña (2020)

La finca La Cabaña, se encuentra ubicada en el municipio de Ginebra, Valle del Cauca, posee 183 hectáreas en caña, se analizaron 2 lotes o suertes, la zona agroecológica que predomina es 11H1, esta zona posee “suelos de texturas franca fina y franca fina sobre arcillosa, secos, profundos o moderadamente profundos, bien drenados o moderadamente drenados y ubicados en el cuerpo y ápice de abanicos y en napas de desborde de la llanura aluvial” (Cenicaña, 2020)

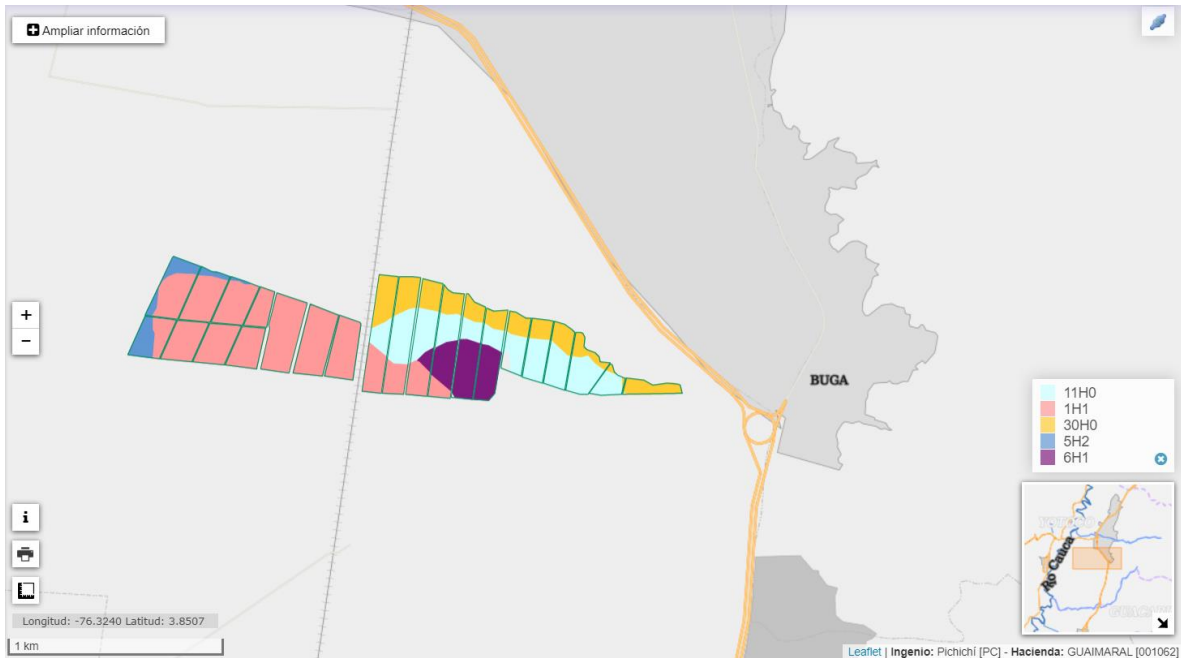
Figura 25. Mapa de la Finca Turín



Fuente: cenicaña (2020)

La finca Turín, se encuentra ubicada en el municipio de Ginebra, Valle del Cauca, posee 46 hectáreas en caña, se analizó 2 lotes o suertes, la zona agroecológica que predomina es 6H1, esta zona posee “suelos de textura fina, secos, profundos y moderadamente profundos que se agrietan al secarse, ubicados en el cuerpo y pie de abanicos, planos de terraza y llanuras de desborde. Limitados por escasez de macroporos y permeabilidad lenta” (Cenicaña, 2020).

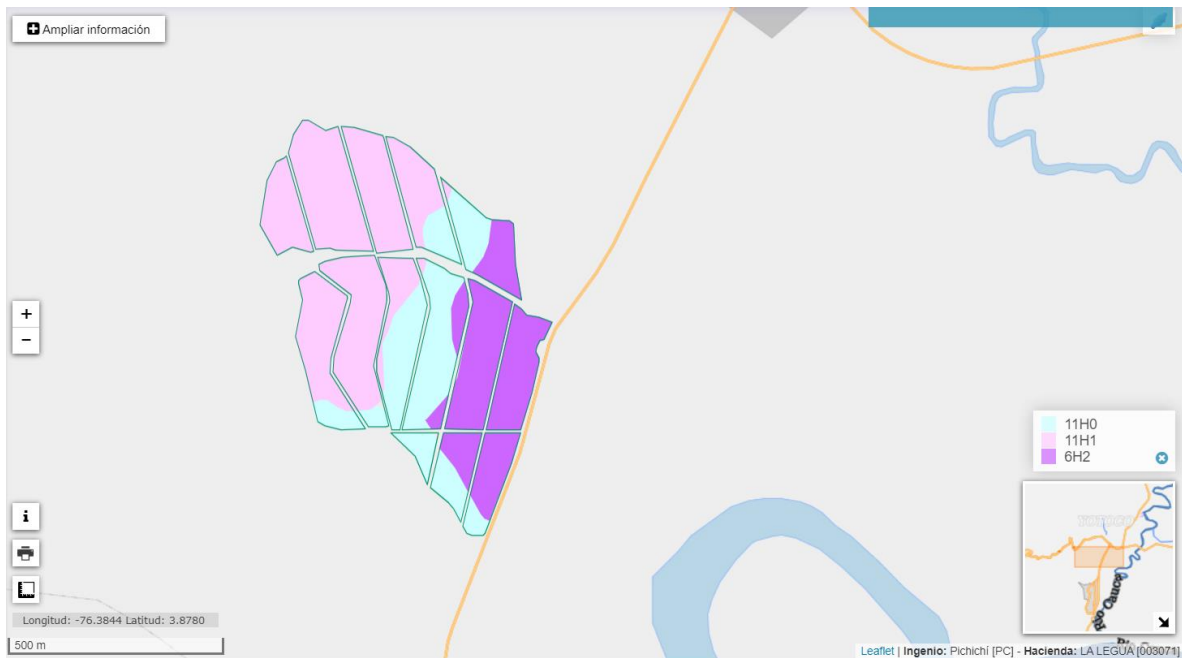
Figura 26. Mapa Finca Guaimaral



Fuente: cenicaña (2020)

La finca Guaimaral, se encuentra ubicada en el municipio de Guadalajara de Buga, Valle del Cauca, posee 82 hectáreas en caña, se analizaron 6 lotes o suertes, la zona agroecológica que predomina es 1H1, esta zona posee “suelos de textura muy fina, secos, profundos o moderada- mente profundos, agrietados al secarse, ubicados principal- mente en el cuerpo y pie de abanicos” (Cenicaña, 2020). El suelo Ultisol se encuentra en plano de terraza y están limitados por escasez de macroporos y permeabilidad lenta.

Figura 27. Mapa de la Finca La legua.



Fuente: cenicaña (2020)

La finca La Legua, se encuentra ubicada en el municipio de Yotoco, Valle del Cauca, posee 35 hectáreas en caña, se analizaron 3 lotes o suertes, la zona agroecológica que predomina es 11H1, esta zona posee “suelos de texturas franca fina y franca fina sobre arcillosa, secos, profundos o moderadamente profundos, bien drenados o moderadamente drenados y ubicados en el cuerpo y ápice de abanicos y en napas de desborde de la llanura aluvial” (Cenicaña, 2020).

Figura 28. Mapa de la finca Cachipay



Fuente: cenicaña (2020)

La finca Cachipay, se encuentra ubicada en el municipio de Yotoco, Valle del Cauca, posee 4 hectáreas en caña, se analizó 1 lote o suerte, la zona agroecológica que predomina es 30H0, esta zona posee “suelos de texturas franca fina sobre arenosa, franca fina sobre esquelética arenosa, franca fina sobre esquelética franca o franca fina sobre fragmental, secos, profundos o moderadamente profundos” (Cenicaña, 2020), los suelos se encuentran bien drenados y se encuentran localizados en el ápice y cuerpo de abanicos aluviales y napas de desborde, limitados por presencia de fragmentos rocosos subsuperficiales.

Figura 29. Mapa de la finca El silencio



Fuente: cenicaña (2020)

La finca El Silencio, se encuentra ubicada en el municipio de San Pedro, Valle del Cauca, posee 12 hectáreas en caña, se analizó 1 lote o suerte, la zona agroecológica que predomina es 11H0, esta zona posee “suelos de texturas franca fina y franca fina sobre arcillosa, secos, profundos o moderadamente profundos, bien drenados o moderadamente drenados y ubicados en el cuerpo y ápice de abanicos y en napas de desborde de la llanura aluvial” (Cenicaña, 2020).

3.5 Condiciones climáticas.

Las condiciones climáticas sobresalientes en la zona durante el periodo de investigación se registraron a partir de las variables precipitación y evaporación obtenidas de un pluviómetro instalado en el sitio experimental y de la estación agroclimática de cada municipio.

3.6 Variables de respuesta

Las evaluaciones y muestreos de los tratamientos correspondientes, se tomaron en cada uno de los lotes referenciados después de la cosecha.

3.6.1 Producción de caña. Después del corte y alce de la caña de azúcar, se tiene el dato en la báscula del ingenio pichichi que serán las toneladas de caña por hectárea (TCH) de cada suerte.

3.6.2 Rentabilidad del cultivo. Se analizó si cada tratamiento fue rentable financieramente en relación a la caída de producción relacionada con las labores culturales que se realizan de manera inoportuna comparado con la productividad obtenida en cada uno de los cortes. El valor se calcula con el precio liquidación otorgado por El Fondo de Estabilización de Precios del Azúcar es un mecanismo creado por el gobierno colombiano para mantener en equilibrio los precios del azúcar en el mercado doméstico. El mecanismo facilita el manejo ordenado de los excedentes exportables del producto al hacer indiferentes las ventas en el mercado doméstico frente a las realizadas en el mercado externo. Funciona con base en un precio de referencia y un flujo de dineros de compensación y cesión.

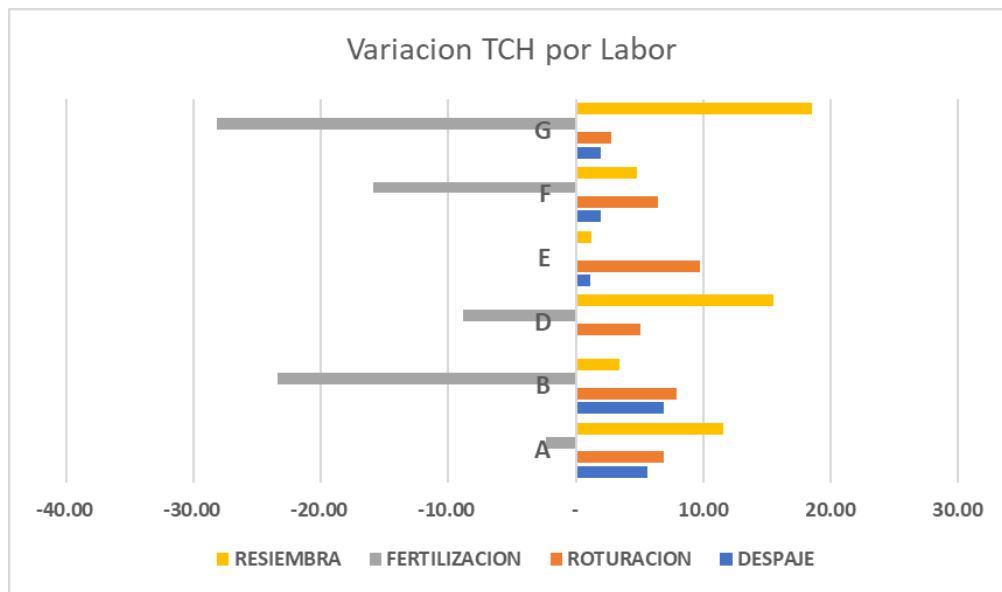
3.7 Análisis estadístico

Con la finalidad de analizar el impacto de los factores correspondiente a las labores de despaje, roturación, fertilización, resiembra y la productividad del cultivo, se realizó un análisis de varianza. Se utilizará el análisis de datos del paquete SAS versión 6.12. Se realizó un análisis multivariado de datos para establecer las interrelaciones entre los factores asociados a la inoportunidad de labores con la producción Toneladas de caña por hectárea (TCH), se realizó un análisis factorial y correlaciones múltiples y componentes principales.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Las variaciones se presentaron en las labores de Despaje, Roturación y Resiembra, la fertilización variación positiva.

Figura 30. Variación TCH por labor



Fuente: Elaboración propia basada en datos del Ingenio Pichichi S.A.

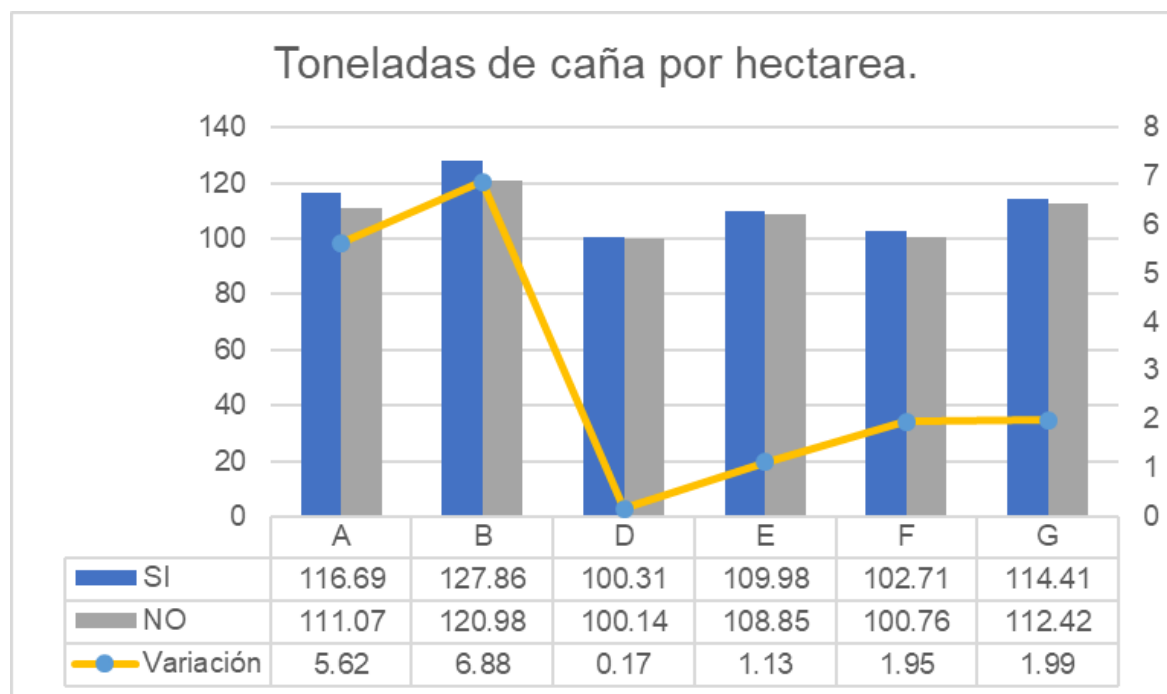
Figura 31. Consolidado de la labor por zonas

LABOR/ZONA	A	B	D	E	F	G
DESPAJE	5.62	6.88	0.17	1.13	1.95	1.99
ROTURACION	6.88	7.89	5.07	9.79	6.45	2.75
FERTILIZACION	- 2.30	- 23.39	- 8.86	- 0.04	- 15.90	- 28.17
RESIEMBRA	11.58	3.40	15.49	1.25	4.80	18.59

Fuente: Elaboración propia basada en datos del Ingenio Pichichi S.A.

4.1 Despaje

Figura 32. Gráfico de la variación en la labor de despaje



Fuente: Elaboración propia basada en datos del Ingenio Pichichi S.A.

Tabla 4. Variación en la labor de despaje

Oportuno	A	B	D	E	F	G
SI	116.69	127.86	100.31	109.98	102.71	114.41
NO	111.07	120.98	100.14	108.85	100.76	112.42
Variación	5.62	6.88	0.17	1.13	1.95	1.99

Fuente: Elaboración propia basada en datos del Ingenio Pichichi S.A.

La labor de despaje se debe realizar con mucha celeridad después del corte de caña, en este sentido, los resultados arrojaron una variación de 2.96 Toneladas de caña por hectárea (TCH) en las fincas analizadas comparados en la ejecución de realizar la labor de manera oportuna. La zona B que obtuvo mayor diferencia en Toneladas de caña por hectárea (TCH) arrojó 6.88; el valor de producción obtenida en las suertes fue de 127.86

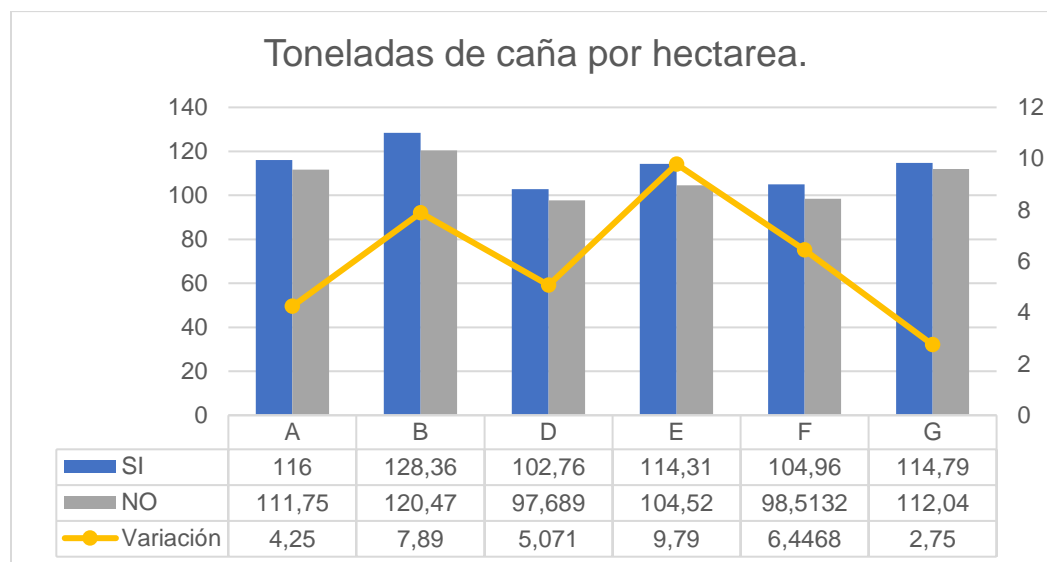
TCH que se realizaron a tiempo acorde a los parámetros del encalle, las demás suertes que el encalle fue a destiempo arrojó 120.98 TCH, la zona A de igual manera obtuvo una diferencia de 5.62 TCH demás compara con las suertes que ejecuto de manera inoportuna aportando un TCH de 111.07, En la zona D la diferencia en toneladas de caña por hectárea ascendió a 0,17, mientras el valor de producción obtenida en las suertes en que se realizó a tiempo fue de 100,31 TCH, mientras que en las suertes en las que se efectuó en tiempo no oportuno correspondió a 100.14. Por otra parte, los resultados en la zona E permiten establecer una variación de 1.13, así mismo, las suertes en que se realizó oportunamente bajo los parámetros del encalle correspondieron a 109.98 TCH, mientras que la suerte en las cuales en las cuales en que se realizó fuera del tiempo correspondiente equivale a 108.85 TCH.

En la zona F, se obtuvo como resultado una variación de 1.95, estableciendo el valor de producción obtenida en las suertes de 102.71 TCH las cuales se realizaron a tiempo acorde a los parámetros del encalle, mientras las demás suertes en que el encalle fue a destiempo arrojó un valor de 100.76 TCH. Los resultados de la zona G, indican una variación de 1.99 TCH de más, las suertes que se ejecutaron de manera oportuna tuvieron una producción de 114.41 y las que se ejecutaron de forma tardía presentaron un valor de 112.42 de TCH

Acorde a los postulados teóricos, el despaje “se realiza inmediatamente después del corte y máximo hasta los ocho días siguientes, tanto en semilleros como en la soca de plantaciones” (Risaralda, 2006). En este sentido es claro que en la zona B, existe una variación considerable y se destaca por realizar el despaje dentro del tiempo correspondiente, en un porcentaje considerable de las suertes, mientras que la zona D, se caracteriza por un bajo nivel de cumplimiento en las suertes que corresponden, lo que llevaría a concluir la inminente necesidad de analizar en esta zona la actividad de despaje, para realizar acciones que favorezcan a ampliar el cumplimiento en la misma.

4.2 Roturación

Figura 33. Gráfico de la Variación en la labor de Roturación



Fuente: Elaboración propia basada en datos del Ingenio Pichichi S.A.

Tabla 5. Variación en la labor roturación

Oportuno	A	B	D	E	F	G
SI	116	128.36	102.76	114.31	104.96	114.79
NO	111.75	120.47	97.689	104.52	98.5132	112.04
Variación	4.25	7.89	5.071	9.79	6.4468	2.75

Fuente: Elaboración propia basada en datos del Ingenio Pichichi S.A.

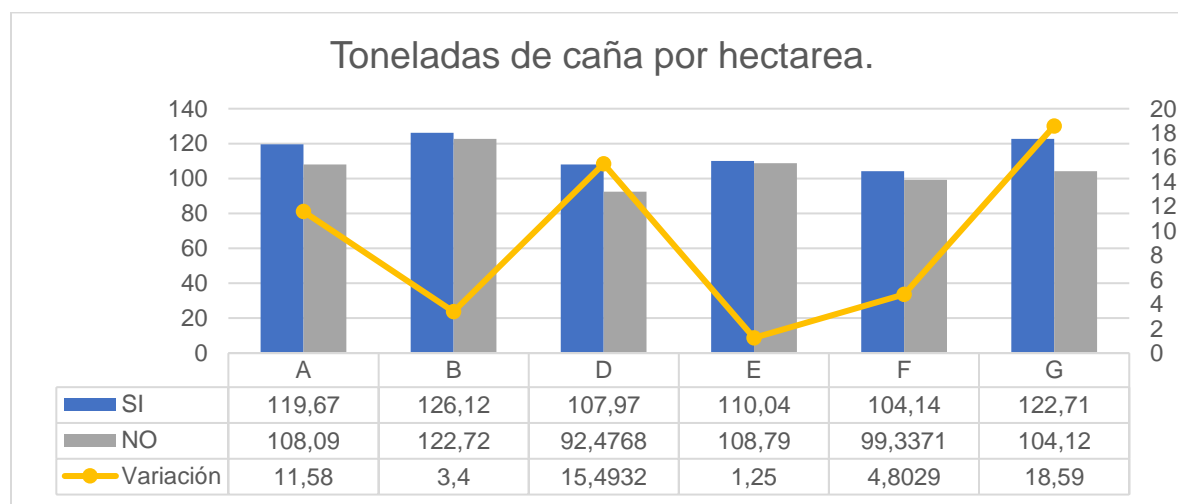
En la roturación del suelo se presentó una variación de Toneladas de caña por hectárea (TCH) 4.73, la zona que tuvo mayor incidencia fue la zona E, mostrando un valor de 9.79 TCH de más, las suertes que se ejecutaron de manera oportuna tuvieron una producción de 114.31 y las que se ejecutaron de forma tardía presentaron 104.52 de TCH. En la zona B la variación ascendió a 7.89, los lotes que se roturaron a tiempo produjeron 128.36 TCH, mientras las suertes que se realizaron de manera inoportuna originaron 120.47 TCH. En la zona F la variación ascendió a 6.4468, y los lotes que se roturaron a

tiempo tuvieron una producción de 104.96, mientras que los que no se efectuaron en el momento oportuno correspondieron a 98.5132. En la zona D la variación correspondió a 5,071, las zonas en las cuales la roturación se efectuó dentro del tiempo correspondiente obtuvieron una producción de 102.76, mientras en las que se realizó a destiempo, su producción ascendió a 97.689.

En la zona A, la variación correspondió a 4.25, se identifica entonces que las zonas donde se efectuó la roturación a tiempo dieron como resultado una producción de 116 TCH, mientras que las que no se ejecutaron a tiempo correspondieron a 111.75 TCH. Para concluir en la zona G se presentó la menor variación, la cual ascendió a 2.75, de esta forma, en las zonas donde se efectuó la roturación a tiempo la producción ascendió a 114.79 TCH, y en las zonas en las cuales no se realizó en el tiempo adecuado la producción fue de 112.04. Ahora bien, la roturación refiere “una labor que se realiza con frecuencia en el levante y en el momento de la preparación, cuyo objetivo es descompactar el suelo” (Gutiérrez, 1995) y en este sentido se logra evidenciar en esta labor una variación determinante en el tiempo en que se realiza la actividad en el momento preciso y en el tiempo en el que no se realizó oportunamente.

4.3 Resiembra

Tabla 6. Gráfico de la labor de resiembra



Fuente: Elaboración propia basada en datos del Ingenio Pichichi S.A.

Tabla 7. Variación en la labor de resiembra

Oportuno	A	B	D	E	F	G
SI	119.67	126.12	107.97	110.04	104.14	122.71
NO	108.09	122.72	92.4768	108.79	99.3371	104.12
Variación	11.58	3.4	15.4932	1.25	4.8029	18.59

Fuente: Elaboración propia basada en datos del Ingenio Pichichi S.A.

En esta labor la zona G obtuvo la más amplia variación en relación a la resiembra, siendo esta de 18.59, así, en las suertes en que se realizó a tiempo el proceso se recolectaron 122.71 TCH, mientras en las suertes tardías esta zona aportó 104.12 TCH. En la zona D, la variación fue de 15.49, de esta forma, las zonas en las cuales se efectuó a tiempo la labor dieron como resultado una producción de 107,97 de TCH, mientras que las zonas en las cuales no se efectuó a tiempo el proceso de resiembra dio como resultado 92.47. En la zona A la variación ascendió a 11.58 TCH, por cuanto en las zonas donde se realizó el proceso en el tiempo justo se obtuvo como resultado 119.67 TCH, mientras que en las que no se realizó en el tiempo preciso se obtuvo como resultado 108.09 TCH.

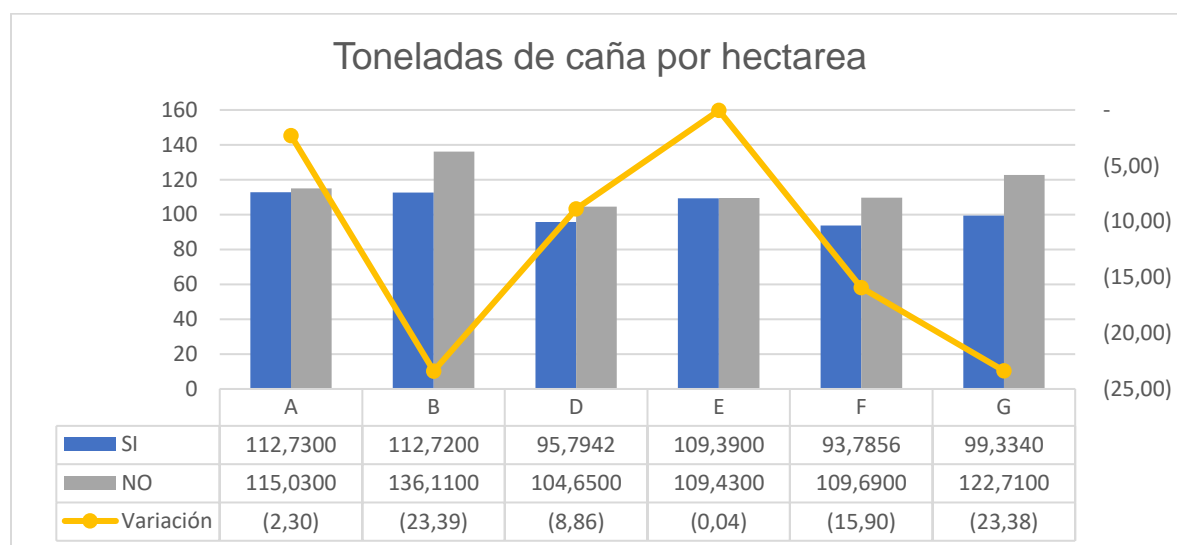
En la zona F la variación fue de 4,8029, por cuanto en los lotes en que se realizó la resiembra a tiempo se recolectaron 104.14 TCH, mientras que en las que no se efectuó a tiempo se obtuvieron 99.33 TCH. Por otra parte, en la zona B, los resultados indican que al realizarse la labor en el tiempo estipulado se obtuvieron 126.12 TCH, mientras que al realizar en esta zona la labor a destiempo se obtuvieron 122.72 TCH.

Para finalizar, en la zona E la variación ascendió a 1.25, de esta forma, en las suertes en que se realizó el proceso a tiempo se obtuvo como resultado una producción de 110.04 de TCH, mientras que en las que se ejecutó a destiempo el resultado fue de 108.79 TCH. Es importante indicar, que la labor de resiembra indica plantar en espacios donde no hubo desarrollo de la cepa o desaparición debido a daños causados por la cosecha, ahora bien, acorde a lo expuesto anteriormente, las producciones en zonas A y D en

relación a la resiembra fueron significativamente diferentes. Lo que permite evidenciar una dispersión en los datos referentes a las variaciones, de las diferentes zonas.

4.4 Fertilización

Tabla 8. Gráfico de la labor de fertilización



Fuente: Elaboración propia basada en datos del Ingenio Pichichi S.A.

Tabla 9. Variación en la labor de fertilización

Oportuno	A	B	D	E	F	G
SI	112,7300	112,7200	95,7942	109,3900	93,7856	99,3340
NO	115,0300	136,11	104,6500	109,4300	109,6900	122,7100
Variación	2,30	23,39	8,86	0,04	15,90	23,38

Fuente: Elaboración propia basada en datos del Ingenio Pichichi S.A.

En esta labor la zona B obtuvo la más amplia variación en relación a la resiembra, siendo esta de 23,39 TCH, así, en las suertes en que se realizó a tiempo el proceso se recolectaron 112,72 TCH, mientras en las suertes tardías esta zona aportó 136,11 TCH.

En la zona G, la variación fue de 23,38 de esta forma, las zonas en las cuales se efectuó a tiempo la labor dieron como resultado una producción de 99,33 TCH, mientras que las zonas en las cuales no se efectuó a tiempo el proceso de resiembra dio como resultado 122,71 TCH. En la zona F la variación ascendió a 15,90 TCH, por cuanto en las zonas donde se realizó el proceso en el tiempo justo se obtuvo como resultado 93,78 TCH, mientras que en las que no se realizó en el tiempo preciso se obtuvo como resultado 109.69 TCH.

En la zona D la variación fue de 8,86 de esta forma, las zonas en las cuales se efectuó de manera oportuna fue de 95,794, mientras en las zonas en que se realizó fuera del tiempo fue de 104,65. Así mismo, en la zona A la variación fue de 2,30 y en este sentido, las zonas en que se efectuó a tiempo la fertilización la producción ascendió a 112,7300 TCH mientras que en las zonas en que no se efectuó a tiempo esta labor el resultado fue de 115.0300 TCH. Ahora bien, en la zona E, la variación ascendió a 0.04, de esta forma, en las zonas en que se efectuó la labor a tiempo la producción fue de 109,3900 TCH, mientras que en las zonas en las cuales la labor no se ejecutó a tiempo la producción ascendió a 109,4300 TCH.

En esta labor evidencia un factor fundamental que contrario a lo establecido en las otras labores permite establecer que al efectuar la actividad fuera del tiempo establecido se obtiene un mejor resultado por cuanto, la fertilización surte un efecto altamente positivo en el cultivo de caña. De acuerdo con Mosquera (2012), la absorción de nutrientes en la caña ha sido investigada en las regiones productoras del mundo, siendo altamente influenciada por diversos factores, como la variedad, la edad y las condiciones edafoclimáticas.

En este sentido, González, Cabezas, Ramírez & Ramírez (2018) indican que en Colombia se han realizado estudios de fertilización en caña de azúcar para panela, mediante dosis de N-P-K, en variedades antiguas y suelos específicos en cada región, los cuales, quedan carentes de aplicabilidad para las nuevas variedades, debido a que se deben determinar, puntualmente, los requerimientos nutricionales en suelos

representativos de las zonas paneleras que, principalmente, son terrenos de laderas. Lo que permite determinar que los terrenos en los cuales se encuentra sembrada esta caña y hacen parte de este estudio, poseen unas adecuadas condiciones de fertilización y, por consiguiente, es importante indicar que en la labor de fertilidad se logra establecer un caso particular, que a diferencia de las demás labores permite establecer que efectuar esta actividad fuera de tiempo permite una productividad mayor en la producción, factor que se ve reflejado en la rentabilidad de la empresa.

4.5 Tiempos óptimos

Tabla 10. Tiempo óptimo de roturación

ROTURACIÓN								
	A	B	C	D	E	F	G	PROMEDIO
SI	13.4	9.11	11.8	11.4	10.9	10.4	8.78	10.8
NO	34.5	40.8	29.6	28.9	35	33.1	30.8	33.3

Fuente: Elaboración propia basada en datos del Ingenio Pichichi S.A.

La roturación es la actividad que se ejecuta para labrar la superficie del terreno, logrando oxigenarlo y permitir la entrada de otros agentes introducidos por la acción humana o natural. En este sentido, el tiempo promedio positivo ascendió a 10.8 días mientras que el tiempo promedio negativo fue de 33.3 días, en las diversas zonas. Gutiérrez, (1995) argumenta que la superficie compactada se rotura con un subsolador (Implemento adherido al tractor) mejorando la permeabilidad del suelo y la estructura de suelo para el desarrollo eficiente de las raíces. Ante estos datos se establece un rango diferencial bastante amplio que da cuenta de un alto índice en los días de incumplimiento, lo que refiere un análisis más exhaustivo, que permita la generación de estrategias para el incumplimiento.

Tabla 11. Tiempo óptimo de fertilización

FERTILIZACIÓN								
	A	B	C	D	E	F	G	PROMEDIO
SI	43.8	43.3	50	43.6	41.7	48	39.4	44.3
NO	100	84.9	83.5	81.4	100	92	105	92.4

Fuente: Elaboración propia basada en datos del Ingenio Pichichi S.A.

La fertilización refiere una actividad fundamental para brindarle abono o cualquier tipo de sustancia orgánica o inorgánica que contiene nutrientes en formas asimilables por las plantas. En este sentido, se establece que el tiempo promedio de realización en el tiempo

pertinente en esta labor en las diferentes zonas es de 44.3 días, mientras que el tiempo promedio de incumplimiento, asciende a 92.4. En este sentido, Tisdale & Nelson (1966) explican que las plantas absorben los nutrientes por medio de las raíces, existen 16 elementos nutritivos para la caña de azúcar: C, H, O₂ no son minerales y la planta los toma del CO₂ y del agua, los restantes como macronutrientes son N, P, K, Ca Mg, S. Para actividad que se ejecuta para labrar la superficie del terreno, logrando oxigenarlo y permitir la entrada de otros agentes introducidos por la acción humana o natural. En este sentido, el tiempo promedio positivo ascendió a 10.8 días mientras que el tiempo promedio negativo fue de 33.3 días, en las diversas zonas. Gutiérrez, (1995) argumenta que la superficie compactada se rotura con un subsolador (Implemento adherido al tractor) mejorando la permeabilidad del suelo y la estructura de suelo para el desarrollo eficiente de las raíces. Ante estos datos se establece un rango diferencial bastante amplio que da cuenta de un alto índice en los días de incumplimiento, lo que refiere un análisis más exhaustivo, que permita la generación de estrategias para el incumplimiento.

Tabla 12. Tiempo óptimo de resiembra

RESIEMBRA								
	A	B	C	D	E	F	G	PROMEDIO
SI	30.7	32.42	31.59	27.86	29.27	34.06	35.4	31.61
NO	83.21	75.5	79.5	94.9	104.15	70.2	101.25	86.96

Fuente: Elaboración propia basada en datos del Ingenio Pichichi S.A.

Los tiempos planteados en la ejecución de la resiembra muestran índices bastante amplios, entre el tiempo óptimo y los que no lo son. En el marco de esta labor es fundamental que no pase mucho tiempo para su ejecución desde la aparición de las plantas, es necesario entonces esperar un tiempo prudencial que permita la germinación de la semilla, y unos días adicionales que den seguridad al éxito del proceso, permitiendo así que germinen unas últimas semillas. Si bien, el tiempo establecido para hacer la resiembra es determinado por el ingenio Pichichi, usualmente es efectuado si la suerte presenta un área del 5% sin plantas. El tiempo promedio positivo en las diferentes

suertes ascendió a 31,61 días mientras el tiempo negativo fue de 86.96, es decir, los altos índices establecidos en el tiempo especificado en la tabla 1 hacen necesaria una revisión integral para el mejoramiento en tiempos, lo que sin duda favorecerá a nivel integral el proceso agrícola de la caña.

Tabla 13. Tiempo óptimo de despaje

DESPAJE								
	A	B	C	D	E	F	G	PROMEDIO
SI	3,62	3,60	2,87	3,31	3,23	3,00	3,00	3,27
NO	14,70	12,57	10,88	11,71	9,90	13,91	10,40	12,43

Fuente: Elaboración propia basada en datos del Ingenio Pichichi S.A.

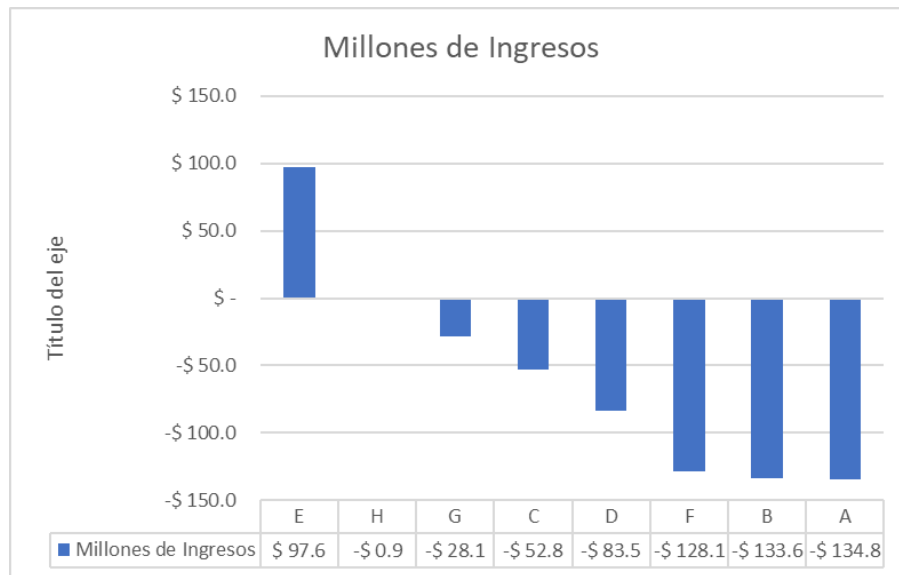
El despaje refiere la reutilización de los residuos posteriores a la recogida de la caña que son aprovechables, el tiempo específico para efectuar esta actividad es sugerido por cenicaña quien especifica que “después del corte y antes de ocho días, se debe quitar la hojarasca que queda sobre el surco (despaje) y acomodarla en las calles (encalle)” (Cenicaña, 2006), esto con el fin de garantizar el rebrote vigoroso de la soca y evitar la pérdida de la planta. Acorde a lo expuesto se establece un tiempo promedio positivo de 3,27 en las diferentes zonas, mientras que el tiempo negativo o fuera de plazo tuvo un promedio de 12,43. La diferencia entre ambos es considerable, lo que llevaría a una revisión en detalle del factor tiempo para establecer las causales que ocasionan estos retrasos.

4.6 Rentabilidad del cultivo

La fórmula empleada para encontrar la rentabilidad en el marco de esta propuesta es la siguiente:

$$\text{Toneladas de caña} * 58 \text{ Kilos} * \text{precio liquidacion} = \$\text{Valor tonelada de caña}$$

Figura 34. Rentabilidad del cultivo



Fuente: Elaboración propia basada en datos del Ingenio Pichichi S.A.

La zona E obtuvo mayor ingreso debido a la eficiente y oportuna ejecución de labores culturales, esta zona a diferencia de las demás la caída de producción no fue tan alta. En la zona A y B, por el contrario, se puede evidenciar un mayor déficit en la rentabilidad, lo que es atribuible al amplio rango de tiempo fuera del plazo establecido para la ejecución de las labores. Ahora bien, toda fuente de ingresos proviene de manera holística de la venta del producto, así mismo, del interés generado por ciertos activos, en este sentido, la rentabilidad refiere según Chávez (2005 citado por De La Hoz Suárez, Ferrer, & De La Hoz Suárez, 2008) “es uno de los indicadores financieros más relevantes, sino el más importante, para medir el éxito de un negocio” (p.2), representa la capacidad

de la empresa para producir suficientes beneficios que a través de sus actividades comerciales, industriales y de servicios.

La caña de azúcar, refiere entonces una importante especie de plantas terrestres con un alto índice de productividad, y en su forma de azúcar genera cerca de 45 toneladas (t) de masa seca por hectárea (ha) por año; si se plantea el factor aéreo llega a generar 22 t de azúcar por año/ha. “Como subproducto, el azúcar se produce en 121 países del mundo; del azúcar total, 78% proviene de la caña de azúcar, misma que se produce en zonas tropicales y subtropicales del hemisferio meridional y, el resto de la remolacha se produce en zonas templadas del hemisferio norte” (Salgado et al., 2013).

En el marco de esta propuesta, el ingreso solo se conformó por la venta de caña de azúcar, al comparar el precio por hectárea en un proceso de simulación, que brinde al lector la posibilidad realizar los cálculos correspondientes, acorde a la fórmula planteada.

Acorde a lo expuesto, los resultados de producción obtenidos en cada labor se analizaron bajo una perspectiva diferencial acorde a las variaciones obtenidas en cada labor, desde un punto de vista económico y productivo, considerando que las diferencias deberían ser producto de una compra ocasional del producto, en caso de que la diferencia producida fuera negativa, lo que debería a que la empresa se viera en la necesidad de adquirir la caña faltante. En el caso de ser positiva refiere un ahorro para la empresa, esto en consideración a que la diferencia que se obtuvo, como es el caso de la diferencia obtenida en la zona A.

4.7 Discusión

Efectuar este estudio permitió tener claridad sobre tres factores claves implícitos en el proceso productivo de la caña de azúcar. El primero de ellos se vincula con el establecimiento de las relaciones entre los cambios de la TCH y la inoportunidad de las labores del cultivo (despaje, Roturación, fertilización y resiembra), contemplando nueve lotes, los cuales surten de caña al Ingenio Pichichi S.A. El segundo aspecto refiere la cuantificación de los tiempos de ejecución de las operaciones de caña en los 35 lotes analizados, asociadas a la oportunidad de labores culturales del cultivo de caña de azúcar, y el tercer factor se relaciona con los términos económicos de los efectos sobre la productividad con base a la oportunidad en labores culturales en el cultivo de caña de azúcar.

En torno al establecimiento de las relaciones entre los cambios de la TCH y la inoportunidad de las labores del cultivo en lo que concierne al despaje, es importante indicar. El despaje se “realiza inmediatamente después del corte y máximo hasta los ocho días siguientes, tanto en semilleros como en la soca de plantaciones” (Risaralda, 2006), y según Porras (1995) tiene como objetivo aislar el residuo de la cosecha de los surcos o de las socas que renacerán para el nuevo levante, en este sentido, la zona D posee un alto incumplimiento en la labor lo que implica la ejecución de acciones de mejora en dicha zona que permitan efectuar este proceso en el tiempo específico para un mejoramiento productivo en las toneladas de caña de azúcar obtenidas en dicha zona

En relación a la labor de Roturación, se presentó una variación de Toneladas de caña por hectárea (TCH) 4.73, la zona que tuvo mayor incidencia fue la zona E, mostrando un valor de 9.79 TCH de más, las suertes que se ejecutaron de manera oportuna tuvieron una producción de 114.31 y las que se ejecutaron de forma tardía presentaron 104.52 de TCH. Mientras que en la zona G se presentó la menor variación, la cual ascendió a 2.75, de esta forma, en las zonas donde se efectuó la roturación a tiempo la producción ascendió a 114.79 TCH, y en las zonas en las cuales no se realizó en el tiempo adecuado la producción fue de 112.04. Ahora bien, la roturación refiere “una labor que se realiza

con frecuencia en el levante y en el momento de la preparación, cuyo objetivo es descompactar el suelo” (Gutiérrez, 1995) y en este sentido se logra evidenciar en esta labor una variación determinante en el tiempo en que se realiza la actividad en el momento preciso y en el tiempo en el que no se realizó oportunamente.

Por su parte, en la labor de resiembra el proceso se efectuó dentro del tiempo planteado, por encima del proceso de despaje que exceptuando la suerte B, implicó la realización del proceso fuera del tiempo asignado, logrando una menor cantidad de toneladas resultantes en el proceso dentro de los tiempos correspondientes. Toruño & Arias, (2010) indican que “la resiembra es una práctica de cultivo necesaria en la producción de caña de azúcar y consiste en reponer el material de siembra que no germinó o donde la caña no retoñó después del corte” (p.1), allí radica la relevancia de esta actividad, por lo que debe indicarse que en el proceso de resiembra, la dispersión de datos obtenidas hace inminente las necesidades de una revisión del proceso en las diferentes zonas, atendiendo las características propias del terreno. Ahora bien, se establece tanto en la labor de resiembra como de despaje una amplia diferencia entre el promedio de tiempo óptimo y los que no lo son, en las diferentes zonas, lo que hace inminente la necesidad de analizar las causales de que no se efectúen las labores en los tiempos pertinentes, con miras a generar un mejoramiento integral del proceso.

En la labor de fertilidad se logra establecer un caso particular, que a diferencia de las demás labores permite establecer que efectuar esta actividad fuera de tiempo permite un incremento en la producción, factor que se ve reflejado en la rentabilidad de la empresa. Esto es coherente con lo expuesto por Rengel, Gil, & Montaña (2011) quienes especifican que si bien, existe poca información vinculada con la acumulación de nutrientes esenciales en el cultivo de la caña de azúcar, se puede apreciar que a partir de los 185 días (séptimo mes) se inicia una mayor producción de tallos en relación a la emisión de hojas y vainas, traduciéndose en un rápido aumento de la producción de materia seca.

Los factores antes planteados tienen una injerencia transcendental en la rentabilidad, por cuanto, el análisis de las falencias detectadas y las correspondientes acciones correctivas llevarían a que el ingenio Pichichi S.A. incurriera en un gran ahorro e implicarían una reducción de costos importante.

En torno a la cuantificación de los tiempos de ejecución de las operaciones de caña en los 35 lotes analizados, asociadas a la oportunidad de labores de roturación, fertilización resiembra y despaje, es necesario indicar que en la actividad de despaje subyace el menor tiempo positivo, el cual asciende a 3,27 días, así mismo en esta actividad se encuentra el promedio del menor tiempo negativo el cual asciende a 12,43 días, lo que permite determinar que esta labor se está ejecutando un tiempo indicado. Mientras tanto el mayor tiempo positivo se estableció en la fertilización, cuyos resultados se estiman en 44,3 días, mientras el mayor tiempo negativo también se encontró en esta actividad y ascendió a 92,4 días.

En línea con lo expuesto, es importante indicar que a criterio de Matos (2007) la productividad de los cultivos es afectada por la época de realización de las labores, como se evidenció en la cuantificación del tiempo, siendo relevante la puntualidad en la operación, por cuanto, es determinante en el incremento de la rentabilidad en el cultivo. En relación a la fertilización, se evidenció en tal actividad el mayor índice de incumplimiento en el tiempo de realización de la misma, determinándose que lejos de constituirse en un aspecto negativo, la demora en la ejecución de esta labor generó óptimos resultados en la producción la cual se incrementó a partir del mayor espacio de tiempo en que fue efectuada.

El análisis en términos económicos de la productividad con base a la oportunidad en las labores de culturales del cultivo de caña de azúcar, se efectuó considerando que el ingreso solo se encontraba conformado por la venta de caña de azúcar. En relación a este factor, es necesario indicar que:

La caña de azúcar, es una de las especies de plantas terrestres más eficientes, con alta producción de hojas y tallos (caña integral) que, en su madurez, tiene la

mitad de su biomasa en forma de fibra y azúcares. Potencialmente, la caña (para producir azúcar, más no como consumo como fruta) puede producir alrededor de 45 toneladas (t) de masa seca por hectárea (ha) por año (Rebollar et al., 2017.p.809)

En contexto, al comparar el precio por hectárea en un proceso de simulación, se logró establecer la posibilidad de realizar los cálculos correspondientes, a través de la generación de una formula en la cual se consideraron las toneladas de caña, por un estimado de 58 kilos y esto multiplicado por el precio de liquidación para obtener el valor por tonelada de caña. De esta forma, se estableció que la zona E obtuvo mayor ingreso debido a la eficiente y oportuna ejecución de labores culturales, en esta zona a diferencia de las demás, la caída de producción no fue tan alta, mientras en la zona A y B, por el contrario, se pudo evidenciar un mayor déficit en la rentabilidad, lo que es atribuible al amplio rango de tiempo fuera del plazo establecido para la ejecución de las labores.

De manera holística los resultados de producción obtenidos en cada labor se analizaron bajo una perspectiva diferencial acorde a las variaciones obtenidas en cada labor, desde un punto de vista económico y productivo, considerando que las diferencias deberían ser producto de una compra ocasional del producto, en caso de que la diferencia producida fuera negativa, lo que debería a que la empresa se viera en la necesidad de adquirir la caña faltante. En el caso de ser positiva refiere un ahorro para la empresa, esto en consideración a que la diferencia que se obtuvo.

5. CONCLUSIONES

En 520 hectáreas sembradas de caña del Ingenio Pichichi, durante un periodo de 9 años, el efecto de la realización inoportuna de las labores culturales de despaje, roturación y resiembra, presentó un efecto negativo, disminuyendo la producción de caña (TCH), por el contrario, la ejecución de la fertilización en tiempos diferentes a los periodos recomendados, afectó positivamente aumentando la producción de caña de azúcar (TCH).

En torno a las relaciones entre los cambios de la TCH y la inoportunidad de las labores del cultivo (despaje, Roturación, fertilización y resiembra), se evidenciaron grandes variaciones en la producción efectuada en el tiempo oportuno en las cuatro labores analizadas, se evidenciaron diferencias en la producción obtenida en ejecutar a tiempo o no, en las labores antes mencionadas. En el despaje se obtuvo una disminución de 3 TCH, en la roturación 6 TCH, para la resiembra 9 TCH, caso diferente la labor de fertilización, que obtuvo un aumento de 13 TCH.

Para la labor de fertilidad se estableció que realizar esta actividad fuera del tiempo recomendado por el plan de manejo del cultivo, permitió documentar un incremento en la producción, factor que se ve reflejado positivamente en la rentabilidad de la empresa, el análisis de las falencias detectadas y las correspondientes acciones correctivas llevarán a que el ingenio Pichichi S.A se incurra en una reducción de costos de producción y aumento de la rentabilidad

En torno a la cuantificación de los tiempos de ejecución de las operaciones de caña en los 35 lotes analizados, asociadas a la oportunidad de labores culturales de la caña de azúcar, es necesario indicar que en la actividad de despaje subyace tiempo de ejecución de la labor oportunamente el cual asciende a 3,27 días de las suertes, en la roturación el promedio de días ejecutados fue de 10.8 días, en la resiembra fue 31.61 días. Mientras

tanto en la fertilización, cuyos resultados se estiman en 44,3 días de las suertes que se vieron afectadas en la disminución de la producción y cumplieron acorde al tiempo, mientras el mayor tiempo el cual apporto aumento en la producción ascendió a 92,4 días.

El análisis en términos económicos de la productividad con base en la oportunidad en las labores culturales del cultivo de caña de azúcar se efectuó considerando que el ingreso solo se encontraba conformado por la venta de caña de azúcar. En relación a este factor, es necesario indicar que, al comparar el precio por hectárea en un proceso de simulación, se logró establecer la posibilidad de realizar los cálculos correspondientes, a través de la generación de una fórmula en la cual se consideraron las toneladas de caña, por un estimado de 58 kilos y esto multiplicado por el precio de liquidación aproximado de 1.300 \$/Kg, para obtener el valor por tonelada de caña.

Para el despaje el valor aproximado por hectárea de variación respecto a ejecutarlo a tiempo es de \$222.933/ha, roturación \$454,866/ha y resiembra \$ 692,626/ha, caso contrario para la labor de fertilización \$988.446/ha.

De esta forma, se estableció que la zona E obtuvo un mayor ingreso debido a la eficiente y oportuna ejecución de labores culturales, a diferencia de las zonas A y B en las que se pudo evidenciar un mayor déficit en la rentabilidad, lo que es atribuible al amplio rango de tiempo fuera del plazo establecido para la ejecución de las labores.

De manera holística los resultados de producción obtenidos en cada labor se analizaron bajo una perspectiva diferencial acorde a las variaciones obtenidas en cada labor, desde un punto de vista económico y productivo, considerando que las diferencias deberían ser producto de una compra ocasional de caña, en caso de que la diferencia producida fuera negativa, lo que llevaría a que la empresa se viera en la necesidad de adquirir la caña faltante. En el caso de ser positiva esta situación referiría un ahorro para la empresa, esto en consideración a que la diferencia obtenida.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda estudiar en profundidad el comportamiento de la fertilización en la producción de la caña de azúcar, por cuanto, los resultados obtenidos en el marco de este estudio, permitieron establecer diferencias claras entre el tiempo pertinente indicado por la organización para la ejecución de esta labor, y los resultados obtenidos al efectuar esta actividad fuera de tiempo, aspecto en el cual se evidenció un incremento en la producción, y hace necesario un análisis más exhaustivo, que se encuentra fuera de los objetivos planteados en el marco de este estudio.

BIBLIOGRAFIA

- Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia. (2016). *Aspectos Generales del Sector Azucarero Colombiano 2015-2016. Informe Anual, 94.*
- Asociación de cultivadores de caña de Colombia. (2017). *Informe Asocaña 2016. Informe Anual Asocaña 2016.* Obtenido de <http://www.asocana.org/documentos/2252017-AC412FF9-00FF00,000A000,878787,C3C3C3,0F0F0F,B4B4B4,FF00FF,FFFFFF,2D2D2D,A3C4B5,D2D2D2.pdf>
- Carbonell, J., Quintero, R., Torres, J., Osorio, C., Isaacs, C., Victoria, J. (2011). *Zonificación agroecologica para el cultivo de la caña de la caña de azucar en el Valle del Rio Cauca (Cuarta aproximación) Principios metodologicos y aplicaciones.* Cali. Valle del Cauca: Cenicaña.
- Cassalet Dávila, C., Torres, J., & Echeverri, C. . (1995). *El Cultivo de La Caña En La Zona Azucarera de Colombia.* Cali. Colombia: Cassalet Dávila, C., Torres Aguas, J., & Echeverri, C. I. (1995). El cultivo de la caña en la zona azucarera de Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia.
- Castillo, R., & Garces, F. (2015). *Factores que afectan la calidad de la caña de azúcar.* Obtenido de <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1398.1528>
- Cenicaña. (2013). *Catalogo de variedades segunda edición.* Cali. Obtenido de https://www.cenicana.org/pdf_privado/serie_tecnica/st_31/st_31.pdf
- Cenicaña. (2018). *Carateristicas agronomicas y de productividad de la variedad Cenicaña Colombia CC 01-1940.* Obtenido de https://www.cenicana.org/pdf_privado/serie_tecnica/st_40/st_40.pdf
- Cortes, C., Camacho-Tamayo, J. & Leiva, F. . (2013). Análisis multivariado del comportamiento espacial y temporal de la resistencia del suelo a la penetración . *Acta Agronómica, 62(3), 268-278.*
- Cruz, R., & Mario, O. (1995). *Cruz, R., & Mario, O. (1995). Adecuación de Tierras.* Centro De Investigación De La Caña De Azúcar De Colombia - Cenicaña, 85–109.

- De La Hoz Suárez, B., Ferrer, M. A., & De La Hoz Suárez, A. (2008). Indicadores de rentabilidad: herramientas para la toma de decisiones financieras en hoteles de categoría media ubicados en Maracaibo. *Revista de Ciencias Sociales*, 14(1), 88-109. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-95182008000100008
- Digonzelli, P. A., Scandaliaris, J., Alonso, L., Giardina, J., Casen, S., Romero, E., Leggio Neme, M. (2009). *Prácticas para el cultivo de caña de azúcar*.
- Giraldo, F. (1995). *Cosecha, alce y transporte*. . En: CENICAÑA El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia, Cali, CENICAÑA, 357–363. Obtenido de <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=BAC.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expres>
- Gómez, J. . (1995). *Control de malezas*. CENICAÑA. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cali–CENICAÑA. p, 143-152.
- González Chavarro, F., Cabezas Gutiérrez, M., Ramírez-Gómez, M., & Ramírez Durán, J. (2018). Curvas de absorción de macronutrientes en tres variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) para panela, en la Hoya del Río Suárez. *Revista UDCA Actual*.
- Gutierrez, V. (1995). *Labores de Cultivo*. En: CENICAÑA El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia, Cali, CENICAÑA. El Cultivo de La Caña En La Zona Azucarera En Colombia, (22), 179–190.
- Larrahondo, J. (1995). *Calidad de la Caña de Azúcar*. Larrahondo, J. E. (1995). Calidad de la Caña de Azúcar. El Cultivo de La Caña En La Zona Azucarera de Colombia, 337–355.
- Matos, M. . (2007). *Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “ Luiz de Queiroz ” Modelo informatizado para o planejamento operacional e econômico de sistemas mecanizados com a consideração da pontualidade Piracicaba Marcos Antonio Matos E*.
- Milan, M. (2004). *Avaliação da Pontualidade na Semeadura da Cultura da Soja*.
- Porras, V. (1995). *Labores de cultivo*. CENICAÑA.

- Rebollar, S, Álvarez, A, Puebla, B., Jiménez, D. & Rebollar, A. (2017). Costos de producción y rentabilidad de la caña de azúcar para fruta (*saccharum officinarum*) en una región del estado de México. *Revista Mexicana de Agronegocios*(41).
- Rengel, M., Gil, F., & Montaña, J. . (2011). *Crecimiento y dinámica de acumulación de nutrientes en caña de azúcar. I. Macronutrientes. Bioagro, 23(1), 43-50.*
- Risaralda, I. . (2006). *Guía para el control de calidad de las labores del cultivo de la caña de azúcar.* Pereira: Ingenio Risaralda SA Fundeagro.
- Rodríguez, C., & Daza, O. . (1995). *Preparación de Suelos. CENICAÑA El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia.*
- Tisdale, S. & Nelson, W. (1966). *Soil fertility and fertilizers.* Nueva York.
- Toruño Castro, G. L., & Arias, F. (2010). *Evaluación económica de la práctica de resiembra en caña de azúcar en el Ingenio San Antonio, Nicaragua.* Escuela Agrícola Panamericana.
- Victoria, J. & Calderon, H. (1995). *Establecimiento de Semilleros y Multiplicación de Variedades.* CENICAÑA El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia, Cali, CENICAÑA. Victoria.
- Victoria, J., Viveros, C., Salazar, F., Ángel, J., Bustillo, A., Castro, U., Moreno, C. . (2013). *Catálogo de Variedades de Caña de Azúcar.*
- Villegas, F., & Arcila, J. (2003). Maduradores en caña de azúcar. *Serie Técnica, 70(32).*