

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**GESTIÓN INTEGRAL DEL CULTIVO CAÑA DE AZÚCAR EN MARCOVIA,
CHOLUTECA, AZUCARERA LA GRECIA 2025**

POR:

JUBER ALEXANDER CALDERÓN TELLES

TRABAJO PROFESIONAL SUPERVISADO



CATACAMAS

OLANCHO

MAYO, 2025

**GESTION INTEGRAL DEL CULTIVO CAÑA DE AZUCAR EN MARCOVIA,
CHOLUTeca, AZUCARERA LA GRECIA 2025**

POR:

JUBER ALEANDER CALDERÓN TELLES

JORGE ERNESTO GUEVARA, M. Sc
Asesor Principal

**PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

CATACAMAS

OLANCHO

MAYO 2025

DEDICATORIAS

A mis padres **Cesar Augusto Calderón** y **Norma Yessenia Telles Villalobos**, quienes son parte fundamental de mi formación profesional y social, por haberme ayudado en mis estudios económicamente, y que siempre estuvieron para apoyarme. A mis hermanos **Cesar Alexis Calderón Telles**, **Riccy Yessenia Calderón Telles**, **Erika Pamela Calderon Telles**, que fueron mi primera amistad y refugio, por sus palabras de alientos en los momentos difíciles y por estar siempre ahí.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a **Dios** por permitirme realizar mi práctica profesional, tenerme con salud, a la empresa Azucarera La Grecia por haberme dado la oportunidad de llevar a cabo mi practica en sus instalaciones, dando la oportunidad al desarrollo, y haberme dado la oportunidad de culminar esta etapa. A mis asesores **M. Sc Jorge Guevara, M. Sc. Yoni Antúnez, M. Sc Alexis Vallecillo**, por formar parte de mi práctica, por haber depositado su confianza, paciencia y disposición de su tiempo. A mi familia, que son muy importante en mi vida, tanto académica, social y económicamente.

Agradezco a mis amigos y compañeros que me brindaron su apoyo, me dieron consejos, a lo largo de nuestro estadio en la universidad.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIAS.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
TABLA DE CONTENIDO	III
LISTA DE FIGURAS	V
LISTA DE CUADROS.....	VI
LISTA DE ANEXOS	VII
RESUMEN.....	VIII
I.-INTRODUCCIÓN	- 1 -
II.-OBJETIVOS	- 2 -
2.1.-General.....	- 2 -
2.2.-Específicos	- 2 -
III.-REVISIÓN DE LITERATURA.....	- 3 -
3.1.-Generalidades.....	- 3 -
3.2.-Origen y distribución	- 3 -
Tabla 1. Taxonomía del cultivo caña de azúcar.	- 3 -
3.3.- Morfología y fisiología de la planta.....	- 4 -
3.4.-Importancia mundial de la caña de azúcar	- 5 -
3.5.- Condiciones edáficas	- 5 -
3.6.-Condiciones hídrico	- 6 -
3.7 Manejo del cultivo.....	- 6 -
3.7.1.-Preparación de suelo.....	- 6 -
3.7.2.-Selección de semilla	- 6 -
3.7.3.-Establecimiento del cultivo	- 8 -
3.7.6.-Nutrición del cultivo.....	- 9 -
3.7.7.- Manejo hídrico del cultivo	- 10 -
3.7.8.-Manejo de maleza.....	- 10 -
3.8.- Factores que influyen en el rendimiento del cultivo	- 11 -

IV.-MATERIALES Y METODOS.....	- 13 -
4.1.-Descripción y ubicación del lugar.....	- 13 -
4.2.-Materiales y equipos	- 13 -
4.3.-Metodología	- 14 -
4.3.1.-Preparación de suelo.....	- 14 -
4.3.2.-Paralelismo de surcado.....	- 15 -
4.3.3.-Calidad de semilleros, corte de semilla en tolete y esqueje	- 15 -
4.3.4.-Siembra y resiembra.....	- 17 -
4.3.5.-Profundidad de escarificado	- 18 -
4.3.6.-Fertilización mecánica.....	- 19 -
4.3.7.-Sistema de riego por goteo	- 21 -
4.3.8.-Ubicación del punto de muestreo para riego aspersión por cañón.....	- 21 -
4.3.9.-Control de malezas	- 26 -
4.3.10.-Población y espacios vacíos	- 27 -
4.3.11.-Calibración de equipos de aspersión de agroquímicos (manual)	- 28 -
4.4.-Variables evaluadas.....	- 31 -
V.-RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	- 34 -
5.1.-Preparación de suelo	- 34 -
5.2.-Paralelismo de surcado	- 34 -
5.3.-Certificación de semillero, corte de semilla en tolete y esqueje	- 35 -
5.4.-Siembra y resiembra de caña de azúcar	- 35 -
5.5.-Profundidad escarificado, fertilización mecánica, riego por goteo y aspersión	- 35 -
5.6.-Control de malezas, población y espacios vacíos, muestreo con el MicroNIR	- 36 -
VI.-CONCLUSIONES.....	- 37 -
VII.-RECOMENDACIONES	- 38 -
VIII.-BIBLIOGRAFIA.....	- 39 -
ANEXOS.....	- 41 -

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación de la empresa Azucarera La Grecia.	- 13 -
Figura 2. Descripción de la metodología de muestreo de suelo (distribución en forma de zigzag).....	- 15 -
Figura 3. Distribución de metodología de muestreo de certificación de semillero.	- 17 -
Figura 4. Distribución de metodología de muestreo en profundidad de escarificado (en forma de zigzag).....	- 18 -
Figura 5. Esquema de colocación de pluviómetros, dos aspersores.	- 22 -
Figura 6. Esquema de lectura de pluviómetro en marcos de riego 3*3.	- 22 -
Figura 7. Esquema de radio mojado por cañón.	- 25 -
Figura 8. Distribución de la metodología de muestreo (en forma de zigzag).....	- 26 -
Figura 9. Distribución de la metodología en porcentaje de cobertura de maleza.	- 27 -
Figura 10. Distribución de la metodología en población y espacios vacíos (en forma de zigzag).....	- 28 -
Figura 11. Punto de muestreo, para calcular la velocidad del aplicador.	- 30 -

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Número de muestras por lote de acuerdo área (has).	14 -
Cuadro 2. Profundidad de cada implemento en relación al tipo de suelo.....	15 -
Cuadro 3. Numero de muestra por lote de acuerdo área (has).....	16 -
Cuadro 4. Número de muestras por lote de acuerdo área (has).	18 -
Cuadro 5. Anotación pesos de fertilizante por cada salida de la fertilizadora en registro.-	20 -
Cuadro 6. Cantidad de pluviómetros según marco de riego, riego por aspersión.	22 -
Cuadro 7. Cálculo de lámina captada en los pluviómetros, en riego por aspersión.	23 -
Cuadro 8. Cálculo de lámina total aplicada (media), riego por aspersión.	23 -
Cuadro 9. Número de muestras por lote de acuerdo área (has).	26 -
Cuadro 10. Número de muestras por lote de acuerdo área (has).	27 -
Cuadro 11. Profundidad de los implementos agrícolas, de acuerdo al tipo de suelo.....	31 -
Cuadro 12. Variables evaluadas en la certificación de semilleros.	32 -

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Rastra pesada.....	- 41 -
Anexo 2. Subsuelo (subsolador).....	- 41 -
Anexo 3. Preparación de suelo.	- 41 -
Anexo 4. Medición de profundidad.	- 41 -
Anexo 5. Paralelismo de surcado.....	- 41 -
Anexo 6. Medición de paralelismo.....	- 41 -
Anexo 7. Solución desinfectante.	- 41 -
Anexo 8. Deshoje de muestra.	- 41 -
Anexo 9. Semilla en tolete.....	- 42 -
Anexo 10. Semilla en esqueje.....	- 42 -
Anexo 11. Daño por termita.....	- 42 -
Anexo 12. Daño por rata.....	- 42 -
Anexo 13. Caña dejada (tocón).	- 42 -
Anexo 14. Daño por manejo.	- 42 -
Anexo 15. Daño por barrenador.....	- 42 -
Anexo 16. Colocación de canasta.....	- 42 -
Anexo 17. Estaquillado de siembra.	- 43 -
Anexo 18. Siembra.	- 43 -
Anexo 19. Resiembra.....	- 43 -
Anexo 20. Escarificado.....	- 43 -
Anexo 21. Profundidad de escarificado.....	- 43 -
Anexo 22. Medición de 100 metros.....	- 43 -
Anexo 23. Calibración de fertilizadora.....	- 43 -
Anexo 24. Profundidad de manguera.	- 43 -
Anexo 25. Largo de trabajo.	- 44 -
Anexo 26. Calibración manual.	- 44 -
Anexo 27. Medición de espacio vacíos.	- 44 -

RESUMEN

La práctica se realizó en Honduras departamento de Choluteca, municipio de Marcovia, caserío La Grecia kilómetro 21 carretera hacia Cedeño, donde se llevó a cabo practicas agronómicas en el cultivo de caña de azúcar. Inicia con la preparación de suelo, que incluye labores mecánicas y análisis físico-químico para determinar los nutrientes necesarios. Se selecciona y corta semilla sana para asegurar una buena germinación. La siembra y resiembra se realizan con técnicas que garantizan una adecuada densidad poblacional. El escarificada mejora la aireación del suelo y facilita el desarrollo radicular. La fertilización se calibra de acuerdo a los requerimientos del cultivo. El riego por goteo o aspersión se aplica, monitoreando la humedad con sensores para optimizar el uso del agua. El control de malezas y la evaluación de la población se efectúan periódicamente. El muestreo con MicroNIR permite analizar la calidad del cultivo en campo. Se brinda capacitación constante al personal técnico y operativo para asegurar la correcta ejecución de cada etapa del proceso y mejorar la productividad.

Palabras clave: Caña de azúcar, practicas agronómicas, fertilización y riego tecnificado.

I.-INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar representa el cultivo más importante en la producción de endulzante en el mundo. El área total en producción es de 27.24 millones de hectáreas distribuidos en Asia 40.9%, América 50.7% y en África y Oceanía cultivan 5.9% y 2.5%, respectivamente. El promedio mundial de producción es de 65.2 ton/ha. Además de la producción de azúcar provee subproductos como el etanol para uso energético, etanol hidratado (con 4 o 5% de agua) para motores de explosión, generación de energía eléctrica y materia prima para alimentación animal (Elizabeth Lagos, 2019).

Este cultivo es viable económicamente ya que se obtiene materia prima (azúcar, etanol, entre otros). Pero este monocultivo degrada la fertilidad del suelo ocasiona cambios en las propiedades físico químicas y microbiológica del suelo, posibilitando el agotamiento del mismo. Los efectos de la sequía y el cambio climático han aumentado significativamente durante las últimas décadas, afectando a más de 10 departamentos del país. Particularmente, en temporadas de verano, debido a este problema se pone en riesgo la seguridad alimentaria y la producción agrícola. (Guillen, 2019).

La empresa realiza análisis físico-químico y foliares, así se elaboran los programas de fertilización en las diferentes áreas del cultivo. Con el fin de suministrar los nutrientes necesarios, de los cuales no se encuentran en el suelo de forma disponible, esto ayuda a mantener fértil el suelo. Cada ingenio azucarero aprovecha responsablemente el valioso líquido, utilizando para el riego del cultivo solamente la cantidad que se requiera según sus necesidades de producción. Teniendo riego por goteo, aspersión, pivote central. El presente trabajo profesional supervisado, justifica ampliamente que el cultivo de caña de azúcar en nuestro país, tiene un impacto positivo ya que aporta grandes beneficios en diferente disposición como son: económico, laboral, social, alimentario, tecnológico. Azucarera la Grecia es una fuente que genera trabajo permanente y temporal que involucra y participa varias fases amplia y diversa agrícola, industrial y de comercialización de sus productos y derivados.

II.-OBJETIVOS

2.1.-General

- ❖ Implementar un sistema de gestión integral en el manejo agronómico del cultivo de caña de azúcar, que optimice la producción, mejore la eficiencia en el uso de recursos y fomente prácticas sostenibles para incrementar la competitividad de la empresa.

2.2.-Específicos

- ❖ Evaluar la calidad del suelo en las áreas de cultivo de caña de azúcar mediante un análisis físico-químico, para identificar las necesidades específicas de nutrientes y así diseñar un plan de fertilización preciso y eficiente.
- ❖ Implementar prácticas de riego de precisión en el cultivo de caña de azúcar, utilizando tecnologías de monitoreo de humedad y consumo hídrico, con el fin de optimizar el uso del agua y reducir su desperdicio en un 20% durante el ciclo de producción.
- ❖ Capacitar al personal técnico y operativo en prácticas de sostenibilidad y eficiencia en el manejo agronómico, a través de capacitación de formación, con el objetivo de mejorar la implementación de tecnologías y estrategias agronómicas en el ingenio La Grecia.

III.-REVISIÓN DE LITERATURA

3.1.-Generalidades

La caña de azúcar es un cultivo perenne que macolla fuertemente y produce 4-12 tallos, que crecen hasta alcanzar 3-5 metros de altura. Mediante la fotosíntesis, la caña de azúcar produce carbohidratos, celulosa y otros, siendo el más importante el jugo de sacarosa, el cual es extraído y cristalizado en los ingenios para formar azúcar y otras materias primas que producen una amplia gama de derivados, en los que se encuentra el etanol, mismo que se ha constituido como una fuente de energía alternativa sustentable. Principales subproductos de la industria azucarera son: melaza, bagazo, azúcar. (MEFFCA, s.f.)

3.2.-Origen y distribución

La caña de azúcar es uno de los cultivos más antiguo del mundo, originario de Nueva Guinea. Se estima que se cultiva desde el año 3000 a.c., los antiguos navegantes la introdujeron en la India y desde allí se extendió hacia el Oriente y Europa. Los españoles llevaron la planta primero a las islas canarias y posteriormente Cristóbal Colon la introdujo a América en 1492. El cultivo se extendió desde Santo Domingo hacia el Caribe y sur América donde se ha desarrollado como un cultivo de gran relevancia económica, altamente demandada por los consumidores. (Procaña, 2025).

Tabla 1. Taxonomía del cultivo caña de azúcar.

Reino	Plantae
Filo	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Genero	Sacharum
Especie	S. officinarum

(SAGARPA, 2015)

3.3.- Morfología y fisiología de la planta

La caña de azúcar es una planta gramínea tropical de gran importancia, es parte de los cultivos industriales. Destacando por su morfología, raíz que es de tipo fibroso, se encuentran dos tipos de raíz: primordiales y permanentes, se extienden hasta 80 cm de profundidad, cuando los suelos son profundos. El tallo, parte esencial para la producción de azúcar, dividido en nudos y entrenudos pueden variar según las variedades y desarrollo de la planta, está compuesta por una parte sólida llamada fibra y una parte líquida, el jugo que contiene agua y sacarosa.

La hoja, es en forma de vaina, su función principal es proteger a la yema, nace en los entrenudos del tallo, Está formada por lámina foliar, yagua o vaina. A medida que la caña desarrolla, las hojas bajas se vuelven senescentes, se caen y son reemplazadas por las que aparecen en los nudos superiores. La inflorescencia es una panícula de forma y tamaño variables. (Galloso, 2018).

Si bien la caña de azúcar se adapta a condiciones climáticas bien amplias, su mejor desarrollo se da en las regiones tropicales, cálidas y con amplia radiación solar. La caña requiere precipitaciones totales entre 1.500 a 1.800 mm durante la etapa vegetativa, acompañado de abundante luz. Durante el periodo de maduración el clima seco es lo ideal, ya que las lluvias abundantes en esta etapa producen una pobre calidad de jugo. Existe una directa relación entre el crecimiento de la caña y la temperatura. La óptima para la brotación de la “semilla” es entre 32 °C y 38 °C; temperaturas inferiores a 25 °C y superiores a 35 °C reducen el porcentaje de germinación. Durante la etapa de maduración son preferibles temperaturas entre 12 °C y 14 °C. (Iglesia, 2015).

Humedad entre 80 % a 85 % son favorables para el crecimiento en altura de la caña, sin embargo, rangos entre 45 % a 65 % son ideales para la etapa de maduración. Las hojas superiores de la caña de azúcar interceptan más del 70 % de la radiación solar, factor que debe tenerse en cuenta al momento de determinar la densidad de plantación. Se apunta a favorecer

la mayor captación de luz solar para favorecer la fotosíntesis que luego se transformará en mayor acumulación de azúcares. (Iglesia, 2015).

3.4.-Importancia mundial de la caña de azúcar

La caña de azúcar, es una planta de gran importancia en la economía de muchas regiones del mundo, por su versatilidad y capacidad de adaptación a diferentes condiciones ambientales. La producción de caña de azúcar es de 1900 millones de toneladas, en un área cosechada de 27 millones de hectáreas. Dicha producción se concentra principalmente en el continente americano con un 50,7 %, seguido de Asia con un 40,9 %, África con un 5,9 % y Oceanía con un 2,5 %. Los diez principales países productores de caña de azúcar en orden descendente son: Brasil, India, China, Tailandia, Pakistán, México, Colombia, Australia, Indonesia y Estados Unidos. De todas las especies agrícolas, esta planta es la que convierte mayor energía solar en energía química. (Lagos, 2022).

3.5.- Condiciones edáficas

Las temperaturas óptimas para diferentes etapas del desarrollo de este cultivo son: para la germinación entre 32 °C y 38 °C, para el macollamiento 32 °C y para el crecimiento 27 °C. La luz es uno de los factores básicos para la producción de azúcares por lo que su intensidad es muy importante. En condiciones normales de humedad, la radiación solar tiene gran influencia en el crecimiento, así como en la formación de los azúcares y en su pureza.

Altitud 400-1300 msnm y una humedad relativa 80%-85%. La precipitación anual promedio para las cinco zonas cañeras del país varía desde 1.500 mm a 3.500 mm; la temperatura media varía entre 22,5 y 28 °C y el promedio anual de horas luz oscila entre 1.500 y 2.550 horas. Se adapta bien a suelos con textura franca a franco arcilloso con PH entre 5.5-7.5. con topografía plana y semiplana entre 5-10 % de pendiente. (Blog agricultura, 2025).

3.6.-Condiciones hídrico

Hay una relación lineal entre el rendimiento de la caña y la disponibilidad de agua, por cada tonelada de caña producida el cultivo requiere al menos 10mm de agua. La caña de azúcar además transpira grandes volúmenes de agua - durante el pico del crecimiento del follaje, alcanzando los 5-6mm de agua por día. Por lo tanto, un cultivo requiere 1500-2500mm de agua disponible por año con requerimientos pico durante el macollaje y el período de gran crecimiento. (YARA, 2025).

3.7 Manejo del cultivo

3.7.1.-Preparación de suelo

La preparación de suelo consiste en ejecutar las operaciones necesarias para proporcionar un ambiente apropiado para la óptima germinación de la semilla y el buen desarrollo del cultivo. Este es el caso de la semilla de caña, la cual requiere, para su germinación, una relación definida suelo-aire-agua. De la misma manera, el desarrollo del cultivo requiere de condiciones adecuadas de disponibilidad de agua, aireación, drenaje y nutrientes. (Rodríguez, 1995).

La labor de surcado consiste en trazar surcos paralelos dentro de un lote espaciados a una misma distancia donde se siembra la semilla o material vegetativo. La alineación del tractor con respecto a la línea de referencia inicial marcada en campo durante la ejecución de la labor es fundamental para el desempeñar correctamente la labor. (Cenicaña, 2014). Las labores de preparación en la renovación de plantaciones se realizan con el fin de descepar, subsolar, rastrillar y surcar; en el levantamiento de socas. Se utilizan rastras de discos en labranza primaria y secundaria e implementos verticales en labranza profunda. (CENICAÑA, 2014).

3.7.2.-Selección de semilla

La semilla de alta calidad fitosanitaria y pureza genética es clave para la buena germinación, sanidad y productividad del cultivo de caña de azúcar. El CINCAE ha suministrado plantas

sanas, obtenidas por meristemos o yemas tratadas, para establecer semilleros certificados. (José Mendoza, 2009). El uso de semillero se ha generalizado por ser el método más eficaz para garantizar pureza varietal, sanidad, germinación uniforme, reduciendo así resiembra un favoreciendo un cierre temprano del cultivo. (Orlando Insuasty B, 2000). Al seleccionar una semilla debe tener en cuenta que reúna las siguientes características:

- Este libre de plagas y enfermedades.
- Tenga un estado nutricional adecuado.
- Tenga la edad de corte y el tamaño recomendados.
- Sea una semilla pura (libre de mezcla de otras variedades).
- Que tenga yemas funcionales o viables.

Un método para producir semilla básica de buena calidad que asegure la pureza varietal consiste en obtener una pequeña cantidad de material vegetativo de la variedad o variedades que se desea propagar. Esta actividad se puede realizar en las granjas experimentales de entidades que investigan en este cultivo, como CENICAÑA Y CORPOICA.

Tipos de semilleros

Básico, Se forma con plantas provenientes del Laboratorio de Tejidos Vegetales del CIDCA A. C., en lotes de 10,000 m²; en este tipo de semillero se realizan las evaluaciones fitosanitarias para asegurar la salud de las plantas. Semillero semi-comercial, el área de estos lotes es 10 veces mayor al de un semillero básico. Este semillero se siembra con material proveniente del semillero básico, ya sea para la venta o comercialización de semilla. (Zagarpa, 2017).

El corte de semilla de caña de azúcar es una labor agrícola fundamental para la producción de caña de azúcar. La semilla es la base del cultivo, y de su calidad dependerá el rendimiento y la calidad de la cosecha. El corte de semilla se realiza cuando la caña tiene entre 7 y 9 meses de edad. En este momento, la caña tiene un alto contenido de azúcar y está en buen estado de sanidad. (Jorge, 2020).

3.7.3.-Establecimiento del cultivo

Para la plantación de caña es muy importante que los suelos se encuentren en un clima caliente por encima de los 30 grados centígrados y donde los rayos del sol peguen con intensidad. La razón es que, el proceso de fotosíntesis es indispensable para la producción óptima de este alimento. Una referencia que te permite tener una idea de la importancia del sol en el proceso, es que, la caña de azúcar requiere de una fotosíntesis de hasta 200% por encima de la que necesita cualquier otra planta. Así como es necesario el calor, también se precisa un adecuado suministro de agua. Este líquido es el encargado de arrastrar los nutrientes necesarios para el desarrollo de la planta. (JACTO, 2022).

3.7.4.-Densidad y sistema de siembra

Método de surco simple: Se deben preparar paquetes de semilla de 30 esquejes con longitud aproximada de 0.60 m y de preferencia con 3-4 yemas por esqueje. La distancia entre surcos puede variar entre 1.5 m y 1.75 m, dependiendo de la topografía, potencial de producción del campo, altitud, variedad y otros factores como el tipo de cosecha y la disponibilidad de maquinaria adecuada para cada caso. La siembra se realiza manualmente y los esquejes se pueden distribuir en diferentes modalidades, siendo una de ellas la de “cadena doble traslapada”, con la cual se logra ubicar aproximadamente 15 yemas viables por metro lineal cuando la semilla es de buena calidad, garantizando de esta manera una buena densidad poblacional en los surcos.

3.7.5.-Siembra y resiembra

La siembra de la caña de azúcar difiere de las técnicas utilizadas para otros cultivos. El esquema general cuando se siembra la caña de azúcar consiste en cortar el tallo en trozos, preparar el terreno para plantar caña de azúcar, colocar los esquejes en los surcos o lechos preparados y cubrirlos con tierra. (Cherlinka, EOS, 2025). 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; sin embargo, es muy poco lo que se conoce sobre la rentabilidad de ésta. (Castro, 2010).

3.7.6.-Nutrición del cultivo

La fertilización es una práctica clave para lograr altos rendimientos en caña de azúcar, aunque su alto costo exige uso eficiente. (Romero, Olea, Scandaliaris, Alonso, & Digonzelli, s.f.). Las necesidades de nutrientes varían según el rendimiento esperado y el ciclo del cultivo. La caña planta absorbe más nutrientes que los sucesivos. Sin embargo, se beneficia más de la mineralización del nitrógeno. (YARA, s.f.).

El nitrógeno es esencial para maximizar la producción de materia seca y rendimiento, con alta demanda durante el macollaje y crecimiento. Su requerimiento varía según la variedad, reservas de suelo y practicas previas como barbecho o cultivo de leguminosas. En promedio, se absorben 100 kg de N/100 T en caña planta y 85 kg en cultivos sucesivos. El fosforo, es clave en las etapas iniciales para un buen desarrollo radicular y estimulación del macollaje. Los cultivos absorben entre 15-20 kg de p/100 t de caña. (YARA, s.f.).

El potasio es necesario en grandes cantidades, en niveles mayores a los del nitrógeno. La absorción en los brotes es de alrededor de 175kg de K/100t de caña en el año de plantación y baja a 135kg de K/100t en los ciclos de cultivo subsiguientes. La mayor parte de este potasio se usa en el tallo de la caña y la máxima de demanda de K ocurre durante el período de gran crecimiento en el cual la absorción es mayor que para cualquier otro nutriente. . (YARA, s.f.).

En la etapa temprana del ciclo de vida del cultivo se absorbe una cantidad significativa de calcio, lo que juega un papel importante en el enraizamiento y en la integridad de las células de la planta. En comparación, el azufre y el magnesio se absorben más lentamente y en estadios de crecimiento posteriores, ambos son importantes para la calidad del azúcar y las proporciones son mayores en el tallo de la planta que en otras partes. Los suministros de azufre y magnesio deben mantenerse para que el cultivo genere un rendimiento alto de azúcar. (YARA, s.f.).

3.7.7.- Manejo hídrico del cultivo

La caña de azúcar es uno de los cultivos con mayor demanda de agua y la disponibilidad de agua es el factor más importante que afecta su crecimiento. Según los estudios, los rendimientos de la caña de azúcar pueden disminuir en hasta un 70% en condiciones de sequía. La máxima demanda de agua de la caña de azúcar se encuentra en las etapas de ahijamiento y el gran crecimiento. El riego óptimo puede aumentar significativamente el rendimiento de la caña de azúcar. (Sela, s.f.). Los requerimientos de agua para la caña de azúcar varía de 1,600 mm a 2,500 mm/año, esta variación se debe principalmente a la zona en que se desarrolle el cultivo. (Figuerola, L, R. Romero, E, R. Fadda, G, S. 2009).

Por otro lado, dentro de las tecnologías agrícolas se pueden considerar también la utilización y aplicación de la tecnología del sistema de riego, ya sea de forma presurizada, por pivote central, goteo y aspersión, ya que el uso de estos sistemas reduce el consumo de agua hasta en 45%, comparado con el sistema de riego por gravedad.

3.7.8.- Manejo de maleza

La caña de azúcar por su lento crecimiento su principal competidor por nutrientes, agua y luz son las malezas, pero estas se pueden controlar utilizando diversos métodos y equipos cada una en forma oportuna. Uno de los principales objetivos que se persigue al establecer un cañal es el no permitir que la maleza se establezca complementariamente e impidan el desarrollo normal de la plantación, que no ejerzan adicionalmente una competencia por agua, luz y nutrientes.

A la hora de gestionar un campo, hay multitud de factores que repercuten de forma directa en el crecimiento y rendimiento de los cultivos; uno de ellos es la posible aparición de malas hierbas. El control de malezas y sus métodos ayudan a buscar soluciones que eviten su aparición y/o infestación general en los campos, evitando el uso de productos químicos en la medida de lo posible, ya que pueden ser peligrosos para el medio ambiente y los humanos. (Cherlinka, 2025).

Pre-emergente.- Se puede realizar inmediatamente después del primer riego, utilizando equipos de aplicación como: mochila de palanca, bombas estacionarias, aguilones o motores livianos.

Post-emergente.- Se realiza después de los 30 días después de la primera aplicación o si se observa alta infestación de las malezas. (Marcelo, s.f.)

3.8.- Factores que influyen en el rendimiento del cultivo

El rendimiento de un cultivo es consecuencia de la interacción de múltiples variables cuyo tipo, magnitud e intensidad, son función de las características del marco físico y socioeconómico de cada terreno o sitio de interés. Por tanto, el cultivo de la caña de azúcar puede estar influenciado por una serie de factores que pueden agruparse, principalmente, en cuatro grupos: factores climáticos, factores edáficos, factores agronómicos y factores humanos.

Factores climáticos, el clima tiene una influencia decisiva sobre cualquier cultivo, igualmente sucede con la caña de azúcar, donde las principales variables son: humedad, temperatura y luminosidad. Estos componentes climáticos pueden afectar de manera significativa al crecimiento del cultivo.

Factores edáficos, generalmente, se consideran las características relacionadas con la capacidad de almacenamiento de agua (densidad aparente, velocidad de infiltración, porosidad, textura, etc.), el contenido de materia orgánica (muy importante), la susceptibilidad a la erosión (hídrica o eólica), la fertilidad o las propiedades químicas (sales solubles, acidez, alcalinidad, etc.), entre otras.

Factores agronómicos, algunas de las más destacadas son: el uso de variedades mejoradas; los métodos de gestión del agua, ya sea de riego o para conservar la humedad en seco (temporal); el control fitosanitario (malezas, plagas y enfermedades), las técnicas de labranza, el uso de insumos (orgánicos o inorgánicos) o las prácticas de fertilización, entre otras.

Factores humanos, las decisiones humanas determinan de forma crucial el resultado final del cultivo, ya sea por las acciones directas por parte del agricultor o por repercusiones cuyo origen

viene de decisiones externas al cultivo y al agricultor, pero que les afectan igualmente de manera notable. (InfoAgro, s.f.)

Las variedades manejadas en azucarera la Grecia son:

CP72-2086: Se utiliza en mayor cantidad y tiene un rendimiento medio potencial de 115 t/ha.

CG02-163

RB84-5210

CG04-0587

CG04-10295

IV.-MATERIALES Y METODOS

4.1.-Descripción y ubicación del lugar

Azucarera la Grecia ubicada en Honduras, departamento de Choluteca, municipio de Marcovia, caserío la Grecia, ubicada en Km 21 carretera hacia Cedeño, municipio de Marcovia. Su ubicación geográfica es Latitud: 13.2278, Longitud: -87.3583, con una altitud de 10 msnm, con un clima predominante tropical seco, con la temperatura entre de 23 C y 37 C, en la región la precipitación anual es de 2065 mm, siendo septiembre el mes con mayor precipitación con 431 mm. Lo que permite aprovechar de la mejor manera las condiciones climáticas para el cultivo de caña de azúcar en la zona sur del país.

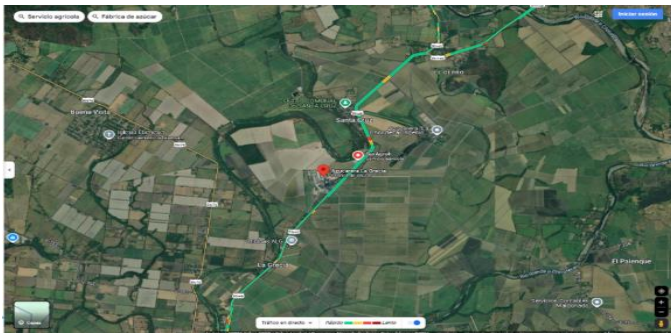


Figura 1. Ubicación de la empresa Azucarera La Grecia.

4.2.-Materiales y equipos

Para el desarrollo de las deferentes prácticas en el cultivo de caña de azúcar, se utilizaron los siguientes materiales y equipos: tablero, lápiz, guantes de cuero, calculadora, varilla graduada de medición, registro, metro de medición, marcador indeleble, machete, estacas de madera, balanza digital, costal, cronometro, pala, pluviómetro, probeta graduada, manómetro, anemómetro, bolsas plásticas, biker.

4.3.-Metodología

Se realizaron prácticas de gestión integral en el cultivo de caña de azúcar, la cuales se evaluaron: preparación de suelo, paralelismo de surcado, calidad de semilleros, corte de semilla en tolete y esqueje, siembra y resiembra, profundidad de escarificado, fertilización mecánica, sistema de riego por goteo y aspersión, control de malezas, población y espacios vacíos, calibración de equipos de aspersión de agroquímicos (manual).

4.3.1.-Preparación de suelo

Se determino el lugar de trabajo, después se ubicaron los puntos de muestreo, luego se realizó una evaluación efectiva del suelo, la cantidad de muestra dependió del tamaño del lote (**Ver cuadro 1**), la distribución de la muestra se hizo en forma de zigzag, (**ver figura 2**). Se evaluaron

los implementos siguientes: subsuelo (subsolador), arado cincel, rastra pesada y rastra liviana. La profundidad para cada implemento dependió del tipo de suelo (**ver cuadro 2**).

Cuadro 1. Número de muestras por lote de acuerdo área (has).

Numero de muestras para inspeccionar la preparación efectiva del suelo según el tamaño del lote		
#	Descripción	Tamaño del lote (has)
1	4 muestra	0-4 has
2	6 muestra	5-7 has
3	8 muestra	8-10 has
4	10 muestra	Mayor 10 has

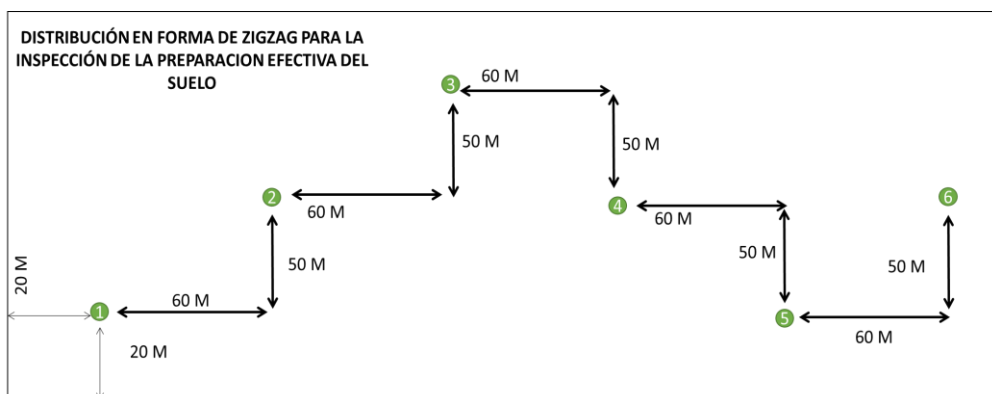


Figura 2. Descripción de la metodología de muestreo de suelo (distribución en forma de zigzag).

Cuadro 2. Profundidad de cada implemento en relación al tipo de suelo.

Actividad	Indicador por tipos de suelos	
	Suelos 14 (cm)	Restos de suelos (cm)
Subsuelo	Mínimo 40	Mínimo 45
Rastra pesada	Mínimo 18	Mínimo 24
Cíncel	Mínimo 30	Mínimo 35
Rastra liviana	Mínimo 15	Mínimo 18

$$C = \frac{\text{Muestras conformes}}{\text{Total de muestras}} * 100$$

Fórmula para sacar la conformidad de preparación de suelo.

4.3.2.-Paralelismo de surcado

Se determinó el lugar donde se realizaría el muestreo, así mismo, se identificó el sistema con el que se elaboró el surcado, tipo RTK o manual. Se tomaron 5 submuestras por muestra, el total de muestra dependió del área del lote, (**ver cuadro 1**), la distribución de los puntos de muestreo se realizó en forma de zigzag, (**ver figura 2**).

4.3.3.-Calidad de semilleros, corte de semilla en tolete y esqueje

Para determinar la calidad del semillero, primero se identifican los puntos de muestreo, los cuales dependen de una serie de parámetros establecidos previamente por la empresa, tomándose por efecto de borde los primeros 15 surcos y como punto de referencia 20 metros

hacia el centro del lote, **ver figura 3**. Después se seleccionan 5 metros lineales como punto de referencia para la toma de la muestra. Identificándose la presencia de plagas, pureza varietal y yemas viables o activas. Por otro lado, el número de muestra depende del tamaño del lote. **Ver cuadro 3**.

Se estableció el lugar de trabajo en el campo, definiendo la ubicación de los puntos de muestreo de forma homogénea. Se seleccionan al azar barrios corteros que están llenando canasta con semilla para realizar la evaluación de corte de semilla por tolete. También se efectuó una evaluación de corte de semilla por esqueje, seleccionando dos paquetes por cortero, los cuales contenían esquejes con dos cogollos, previamente amarrados. A cada esqueje se le retiraron las hojas y se midió su longitud para calcular el porcentaje, aplicando la fórmula correspondiente. Posteriormente, se contaron las yemas por paquetes y se clasifican los daños observados. Finalmente se determinó el porcentaje de yemas dañadas.

$$\% \text{ Longitud, esquejes} = \left(\frac{\text{Total esquejes de 55 – 65 cm}}{\text{Total de esquejes}} \right) * 100$$

$$\% \text{ Yemas dañadas} = \left(\frac{\text{Total de yemas dañadas}}{\text{Total de yemas}} \right) * 100$$

Cuadro 3. Numero de muestra por lote de acuerdo área (has).

Numero de muestra para auditar la calidad de semilleros según el tamaño del lote		
#	Descripción	Tamaño del lote (has)
1	4 muestra	0-4 has
2	6 muestra	5-7 has
3	8 muestra	8-10 has
4	10 muestra	Mayor a 10 has



Figura 3. Distribución de metodología de muestreo de certificación de semillero.

4.3.4.-Siembra y resiembra

Se estableció la ubicación del lugar de trabajo y se determinó la distribución de los puntos de muestreo los cuales están distribuidos homogéneamente, realizando el desplazamiento en zigzag. La evaluación de la siembra (esquejes y tolete), se realizó 8 muestras, sin importar el área del lote o avance de la siembra, se creó el tamaño de la muestra de 10 metros lineales y se colocó una referencia para demarcar cada uno de los extremos, la semilla fue colocada y distribuida en forma de traslape. Se calculó el total de yemas en buen estado, restando el número de yemas dañadas al total de yemas en buen estado. Luego se determinó las yemas viables por metro lineal, considerando la variedad sembrada. Para ello se aplicó la fórmula:

Yemas viables metro lineal = total yemas en buen estado / tamaño de la muestra (10 metros)

Para evaluar la profundidad de semilla, se realizaron 20 muestras sin importar el área; al estar en el punto se debe realizar un agujero donde se sembró la semilla, la profundidad efectiva que se debe encontrar es de 6-10 centímetros en tapado manual y 8-12 centímetros tapado mecánico. Para la resiembra se seleccionan al azar los puntos de muestreo, se toman 4 puntos de muestreo, esto se hace por el avance que tienen el peón agrícola, se realizó la medición de huaqueado, tapado de semilla y yemas por metro lineal.

4.3.5.-Profundidad de escarificado

Se fijó el lugar de trabajo y el número de muestra va a depender del tamaño del lote, **ver cuadro 4**, se distribuyen en forma de zigzag, **ver figura 4**, el primer punto de muestreo se coloca en cualquier esquina del lote y se cuenta 20 metros de la ronda y luego se mide 20 metros de la ronda hacia adentro. La evaluación del escarificado depende del tipo de suelo, en suelo 14 mínimo 25 centímetro, en escarificado de cosecha en verde mínima 25 centímetro, cosecha en quemado o convencional mínimo 30 centímetro; se realizan cuatro submuestras por muestra paralelas realizando una medición de cada uno de ellos.

Cuadro 4. Número de muestras por lote de acuerdo área (has).

Numero de muestra para inspeccionar el escarificado según el tamaño del lote		
#	Descripción	Tamaño del lote (ha)
1	4 muestra	0-4 has
2	6 muestra	5-7 has
3	8 muestra	8-10 has
4	10 muestra	Mayor a 10 has

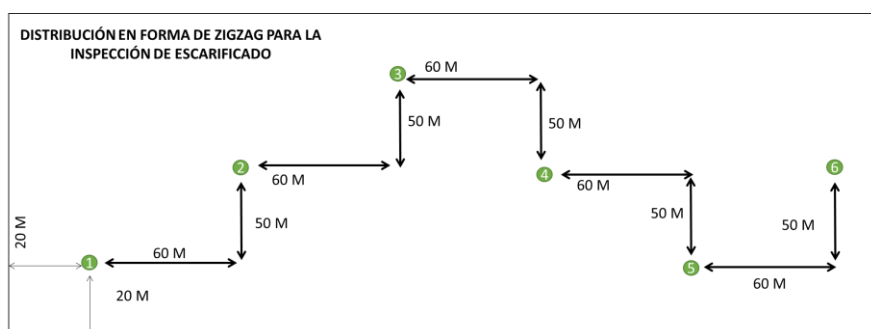


Figura 4. Distribución de metodología de muestreo en profundidad de escarificado (en forma de zigzag).

4.3.6.-Fertilización mecánica

La evaluación de la fertilizadora mecánica en manejo de plantación; se inspecciona el fertilizante que se está aplicando y se verifica el programa de fertilización que se esté aplicando. Se inspecciona el estado físico del fertilizante en el momento que se está llenando la tolva de la fertilizadora y determinar cuál es su condición. Se determina la velocidad del tractor, por medio de una estaca de madera luego se miden 100 metros lineales y se calcula el tiempo en el cual recorre el tractor los 100 metros lineales; se mide 4 veces el tiempo del tractor, luego se saca un promedio. Con el tiempo promedio se debe calcular la velocidad de trabajo utilizando la siguiente fórmula:

$$velocidad = \frac{km}{h} = \frac{d * k}{t} \quad k=3.6, d= distancia \text{ y } t=\text{tiempo}$$

$$K = \frac{3600s * 1 km}{1h * 1000m} = 3.6$$

Ejemplo: Calcular la velocidad considerando los valores descritos abajo

$$d = 100m$$

$$t = 32.70s$$

$$k = 3.6 \text{ constante}$$

$$Velocidad \left(\frac{km}{h} \right) = \frac{100m}{32.7s} * 3.6 = 11.01 km/h$$

Posteriormente se calcula el peso del fertilizante, colocando un saco en cada salida de la fertilizadora, tomando el tiempo promedio que recorrió el tractor los 100 metros lineales, para determinar la descarga por salida, con la balanza se pesa en kilogramos el fertilizante recolectado en cada salida. Se deben realizar 3 repeticiones, anotando los pesos por salida, **ver cuadro 5**, y se calcula el promedio de fertilizante por cada salida.

Cuadro 5. Anotación pesos de fertilizante por cada salida de la fertilizadora en registro.

CALIBRACIÓN DE FERTILIZADORAS					
El tiempo de descarga debe ser igual al tiempo promedio de recorrido de los 100 m					
Peso en kg	Salida No. 1	Salida No.2	Salida No. 3	Salida No 4	Total, de salidas
1era prueba	3.12	3.30	2.27	3.52	12.21
2da prueba	3.10	3.18	2.16	3.41	11.85
3ra prueba	2.98	2.98	2.09	3.41	11.46
Promedio	3.07	3.15	2.17	3.45	11.84

Cálculo de dosis de fertilizante de salida/ha.

Área cubierta (m²) = 100 m lineales * distanciamiento de surco * número de surcos aplicados

Debe calcular la dosis por salida/ha, la cual es:

$$\text{Dosis fertilizante por } \frac{\text{salida}}{\text{ha}} = \frac{\text{peso por salida} * 10000\text{m}^2/\text{ha}}{\text{Área cubierta}}$$

Se debe de realizar el cálculo, por cada uno de los 12 pesos de descarga.

PS = Peso de fertilizante aplicado por salida (kg)

MCH = 10000 m²/ha

AC = Área cubierta (m²) de la fertilizadora en la distancia de prueba.

$$\text{Dosis de fertilizante por } \frac{\text{salida}}{\text{ha}} \left(\frac{\text{kg}}{\text{ha}} \right) = \frac{3.12 \text{ kg} * 10000\text{m}^2/\text{ha}}{300\text{m}^2} = 104 \text{ kg/ha}$$

Luego se calcula el porcentaje de variación por salida. **% Variación dosis por salida** = ((dosis real – dosis programada) / dosis programada) * 100

Ejemplo de variación de dosis por salida/ha, la dosis de fertilizante programada por salida/ha, es 102 kg, la dosis real por salida/ha es 104.00 kg

$$\% \text{ Variación dosis por salida} = ((104 - 102.06) / 102.06) * 100$$

$$\% \text{ Variación dosis por salida} = (1.94 / 102.06) * 100$$

$$\% \text{ Variación dosis por salida} = 1.90\%$$

4.3.7.-Sistema de riego por goteo

Se determina el lugar de trabajo y la ubicación de la válvula a evaluar, para esta se realizan 24 muestra utilizando pluviómetros, probeta graduada, pala, cronometro y registro. Seguidamente se estima la reparación del sistema y posteriormente los puntos de donde se realizan reparaciones los cuales se distribuyen homogéneamente en la válvula; se busca e identifica las reparaciones realizadas por el peón agrícola; para la evaluación se realiza un agujero donde se llevó a cabo la reparación.

4.3.8.-Ubicación del punto de muestreo para riego aspersión por cañón

Para la evaluación del sistema de riego por aspersión tipo cañón, se realiza la comunicación con el operador de la motobomba para informarle el procedimiento, solicitándole los datos del marco de riego, lamina y tiempo de riego. Se seleccionan al azar dos aspersores en funcionamiento, y según el marco de riego se determina la cantidad de pluviómetros necesario **ver cuadro 6**, los cuales se coloca en dos sectores de los aspersores evaluados **ver figura 5**, fijándolos en el suelo mediante cavado de agujeros para evitar su desplazamiento por la presión del agua.

Se indica al operador encender la motobomba y se orientan los aspersores fuera del punto de muestreo hasta estabilizar la presión, evaluada con un manómetro en cada aspersor. Durante el riego, se toman 5 lecturas de velocidad del viento con un anemómetro y dos de presión de salida (psi) por aspersor, una al inicio y otra al final. Finalmente se mide el volumen de agua captado por cada pluviómetro **ver figura 6**.

Cuadro 6. Cantidad de pluviómetros según marco de riego, riego por aspersión.

Cantidad de pluviómetros a utilizar según marco de riego	
Marco de riego	Cantidad de pluviómetros
3x3	24
3x4	32
4x4	40

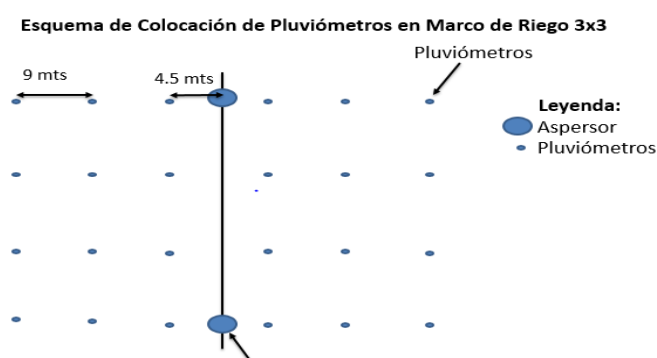


Figura 5. Esquema de colocación de pluviómetros, dos aspersores.

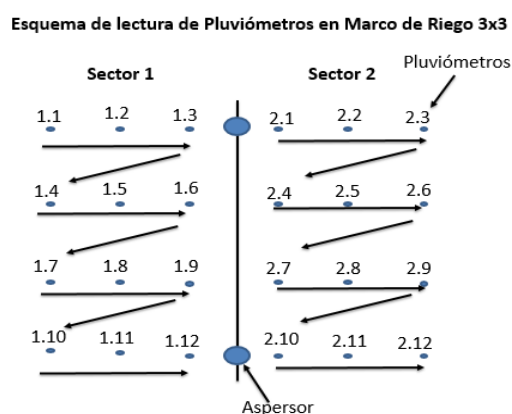


Figura 6. Esquema de lectura de pluviómetro en marcos de riego 3*3.

Cálculo de evaluación de Coeficiente de Uniformidad del agua (CU), se recolecto la información del volumen de agua captado por pluviómetro, se utiliza la formula $\text{Área} = \pi * D^2/4$ o $\pi * r^2$), se calcula la lámina captada (mm) total aplicada, **ver cuadro 7.**

Fórmula de Christiansen $CU (\%) = (1 - (I d I / (\text{media} * \# \text{ pluviómetros}))) * 100.$

CU = Coeficiente de uniformidad

I d I = valor absoluto de las desviaciones con respecto a la media

pluviómetros

Cuadro 7. Cálculo de lámina captada en los pluviómetros, en riego por aspersión.

Sector 1				Sector 2				
No. cubeta	Vol. Agua captada	Área del pluviómetro	Lamina (mm)	No. cubeta	Vol. Agua captada	Área de pluviómetro	Lamina (mm)	Lamina total aplicada/plu (mm)
1.01	620	233.1630	26	2.01	460	233.1630	20	46
1.02	360	233.1630	15	2.02	320	233.1630	14	29
1.03	300	233.1630	13	2.03	520	233.1630	22	25
1.04	240	233.1630	10	2.04	880	233.1630	38	48
1.05	920	233.1630	39	2.05	620	233.1630	27	66
1.06	860	233.1630	37	2.06	1000	233.1630	43	80
1.07	680	233.1630	29	2.07	700	233.1630	30	59
1.08	320	233.1630	14	2.08	900	233.1630	39	63
1.09	860	233.1630	37	2.09	500	233.1630	21	58
1.10	840	233.1630	36	2.10	980	233.1630	42	78
1.11	580	233.1630	25	2.11	800	233.1630	34	59
1.12	200	233.1630	9	2.12	840	233.1630	36	45
1.13	820	233.1630	35	2.13	400	233.1630	17	52
1.14	540	233.1630	23	2.14	280	233.1630	12	35
1.15	320	233.1630	14	2.15	540	233.1630	23	37
1.16	260	233.1630	11	2.16	680	233.1630	29	40

Cuadro 8. Cálculo de lámina total aplicada (media), riego por aspersión.

No. pluviómetro	Lamina aplicada (mm)	Media (mm)	Desviación absoluta	Lamina de 25% mas
1	46	51	4.99	
2	29	51	22.14	29
3	35	51	16.14	35
4	48	51	3.27	
5	66	51	14.74	
6	80	51	28.47	
7	59	51	7.88	
8	52	51	1.02	
9	58	51	7.02	
10	78	51	26.75	
11	59	51	7.88	
12	45	51	6.70	
13	52	51	1.02	
14	35	51	16.14	35
15	37	51	14.42	37
16	40	51	10.99	
Media	51.31		189.57	34.10

Ejemplo: Cálculo de Coeficiente de Uniformidad (CU) de riego de aspersión por cañón

$$CU (\%) = (1 - (I d I / (media * \# \text{ pluviómetros}))) * 100.$$

Datos:

Media de lámina aplicada = 51.31

pluviómetros = 16

Sumatoria del Valor absoluto I d I = 189.57

$$CU(\%) = \left(\frac{1 - 189.57}{51.31 * 16} \right) * 100 = \left(1 - \frac{189.57}{820.96} \right) * 100 = 77.00\%$$

Cálculo de evaluación de la Uniformidad de Distribución del agua (DU)

Luego de recopilados los datos de los pluviómetros , se debe calcular el promedio de lámina de agua, seguidamente se calcula el promedio del 25% con los datos más bajos de la lámina de agua, **ver cuadro 8**. Para calcular la uniformidad de distribución utilizamos la siguiente formula:

$$DU = (\text{lámina promedio del 25\%} / \text{lámina promedio general}) * 100$$

Cálculo de porcentaje de variación de lámina de riego, se considera la lámina real aplicada, **ver cuadro 8**, lámina sugerida o programada, luego se calcula el porcentaje de variación de lámina.
% Variación lámina = ((lámina real – lámina programada) / lámina programada) * 100.

Ejemplo: Cálculo de porcentaje de variación de lámina

lámina sugerida = 50 mm

lámina real = 47 mm

$$\text{\% Variación dosis} = ((47 - 50) / 50) * 100$$

$$\text{\% Variación dosis} = (3 / 50) * 100$$

$$\text{\% Variación dosis} = 6 \%$$

Medición de porcentaje de traslape, medir con una cinta métrica el radio mojado, haciendo 4 mediciones por cañón, cada medición orientada a los cuatro puntos cardinales. **Ver figura 7.**

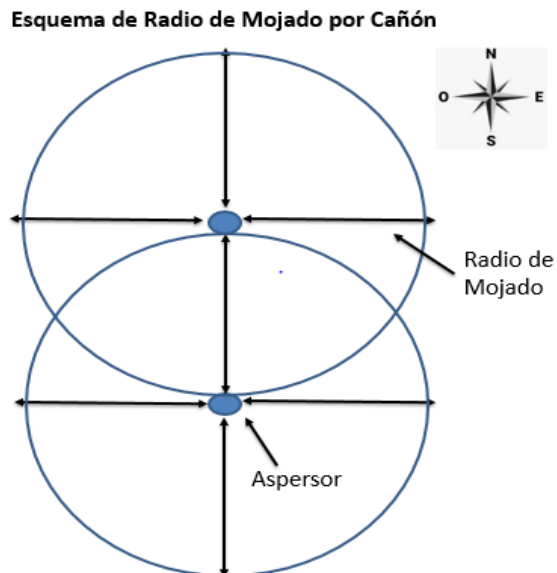


Figura 7. Esquema de radio mojado por cañón.

% Traslape = (Promedio de radio de mojado / dist. Más larga del cañón según marco de riego)
 * 100

Ejemplo: Cálculo de porcentaje de traslape

Promedio de mojado = 31.10 m

Marco de riego = 3x3

Distancia distribuyendo cañones al triangulo (K) = 30.19 m

% Traslape = $(31.10 / 30.19) * 100$

% Traslape = 103.01 %

- 1.-Considerar la lámina real aplicada durante la auditoria.
- 2.-Considerar la lámina sugerida o programada durante la auditoria.

4.3.9.-Control de malezas

Se sitúa el lugar de trabajo y se determina la cantidad de muestra según el tamaño del lote **ver cuadro 9**. La ubicación de los puntos de muestreo, los cuales dependen de una serie de parámetros establecidos previamente por la empresa, tomándose por efecto de borda los primeros 15 surcos y como punto de referencia 20 metros hacia el centro del lote **ver figura 8**, el tamaño de cada muestra es de 25 metros lineales, tanto para plantilla como para soca. Se evalúa cada cama y se determina el porcentaje de maleza como se indica en la **figura 9**. Luego, se calcula el promedio del porcentaje de maleza en las 5 camas evaluadas por muestra. Este porcentaje se estima entre 0 y 100 %, considerando que el valor permitido es del 15% máximo.

Cuadro 9. Número de muestras por lote de acuerdo área (has).

Numero de muestra para auditar la eficacia de control de maleza en caña, según tamaño del lote.		
#	Descripción	Tamaño del lote (has)
1	4 muestra	0-4 has
2	6 muestra	5-7 has
3	8 muestra	8-10 has
4	10 muestra	Mayor a 10 has

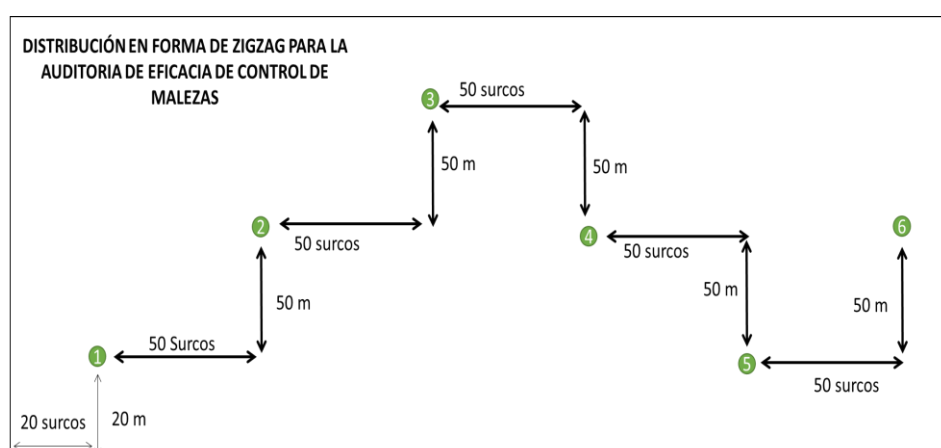


Figura 8. Distribución de la metodología de muestreo (en forma de zigzag).

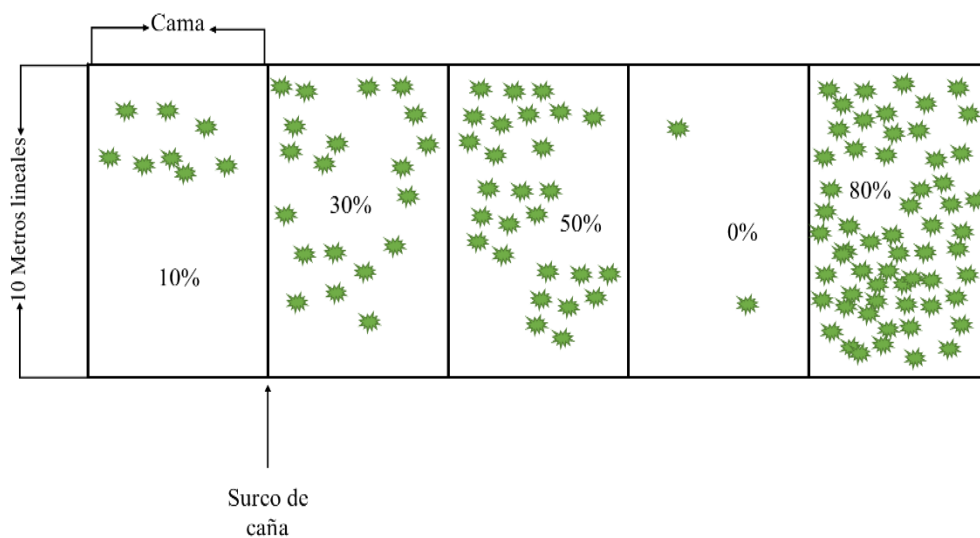


Figura 9. Distribución de la metodología en porcentaje de cobertura de maleza.

4.3.10.-Población y espacios vacíos

El lugar de trabajo se identifica mediante el encargado, seguidamente los puntos de muestreo una vez situado en la finca-lote, las muestras se distribuyen según el tamaño del lote, **ver cuadro 10**, en caña soca el tamaño de la muestra debe ser de 5 surcos paralelos por 5 metros lineales cada uno, en caña plantía es de la misma forma. La distribución de la muestra se realiza en forma zigzag, **ver figura 10**.

Cuadro 10. Número de muestras por lote de acuerdo área (has).

Numero de muestra para auditar la eficacia de población y espacios vacíos según tamaño del lote		
#	Descripción	Tamaño del lote (has)
1	4 muestra	0-4 has
2	6 muestra	5-7 has
3	8 muestra	8-10 has
4	10 muestra	Mayor a 10 has

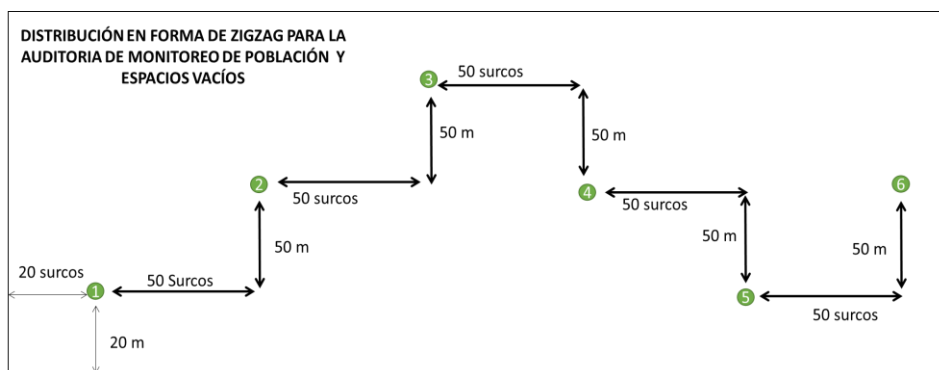


Figura 10. Distribución de la metodología en población y espacios vacíos (en forma de zigzag).

Se realiza la evaluación del monitoreo contando la cantidad de tallos en cada muestra, registrando los datos y calculando los tallos por metro lineal mediante la formula. Tras completar todos los muestreos, se procede a medir con una cinta métrica los espacios vacíos mayores a 1.5 metros, anotando su cantidad y tamaño. Luego, se calcula el porcentaje de espacios vacíos por muestra utilizando la formula:

$$\text{Tallos por metro lineal} = \left(\frac{\text{Total de tallos encontrados}}{\text{Tamaño de la muestra}} \right)$$

$$\% \text{ Espacios vacios} = \left(\frac{\text{Total de metros de espacios vacios}}{\text{Tamaño (m) de la muestra}} \right)$$

4.3.11.-Calibración de equipos de aspersión de agroquímicos (manual)

Se define el lugar de trabajo, posteriormente se realiza una medición de 50 metros lineales, para calcular la velocidad del peón, se hacen 4 mediciones del tiempo con el cronometro para ver en cuanto tiempo recorre la distancia establecida, **ver figura 11**. Para calcular la velocidad del peón agrícola utilizamos la siguiente formula:

$$\text{Velocidad} = \frac{d * k}{t}$$

Ejemplo: Calcular la velocidad considerando los valores descritos abajo

d = 50 m, t=32.70 s, k=3.6 constante

$$Velocidad \left(\frac{km}{h} \right) = \frac{50m}{32.7 \text{ seg.}} * 3.6 = 5.50 \text{ km/h}$$

Para la verificación de la descarga del aplicador, se coloca un biker donde el aplicador realizara la descarga de la bomba, debe de medir con un cronometro el tiempo de 1 minuto, se deja que baje la espuma que se forma en el recipiente durante la descarga de la bomba, se anotan los datos.

Cálculo de dosis de los equipos de aspersión de agroquímicos por hectárea.

$$\frac{lbs}{ha} = \frac{k * f}{v * A}$$

K = 600

F = Promedio de flujo por boquilla (lbs/min)

V = velocidad (km/h)

A = Ancho de cobertura de trabajo de boquilla o aguilón (m)

Ejemplo: cálculo de dosis de aplicación de un equipo de aspersión de agroquímico manual por hectárea.

Flujo (lbs/min) de boquilla		2.065
Ancho de cobertura/boquilla	(m)	1.50
Velocidad (km/h)		5.61
Constante (K)		600

$$\frac{lbs}{ha} = \frac{600 * 2.065}{5.61 * 1.50} = 147.24 \text{ lbs/ha}$$

Cálculo de variación de dosis aplicada con respecto a la dosis programada

$$\% \text{ Variación dosis} = ((\text{dosis real} - \text{dosis programada}) / \text{dosis programada}) * 100$$

$$\% \text{ Variación dosis} = (\text{diferencia entre dosis real y programada} / \text{Dosis programada}) * 100$$

Ejemplo: Cálculo de variación de dosis

Dosis de herbicida programada = 200 lts/ha

Dosis de herbicida real = 210 lts/ha

$$\% \text{ Variación dosis} = ((210 - 200) / 200) * 100$$

$$\% \text{ Variación dosis} = (10 / 200) * 100$$

$$\% \text{ Variación dosis} = 5 \%$$

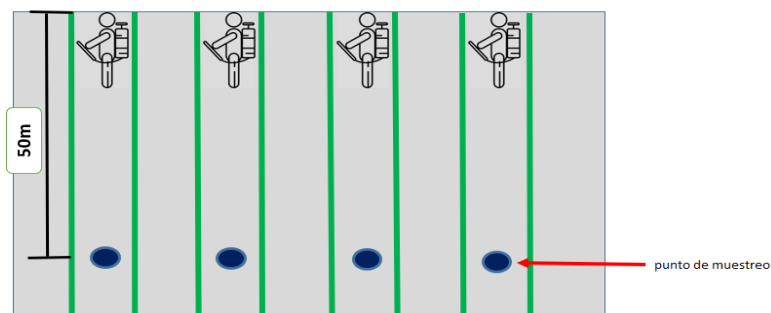


Figura 11. Punto de muestreo, para calcular la velocidad del aplicador.

Tipos de muestreo de caña de azúcar realizado con MicroNIR

Muestreo por humedad: se realiza un mes antes de cosecha.

Muestreo precosecha: se realiza 15 días antes de cosecha.

Muestreo prequema: se realiza una semana antes de cosechar.

4.4.-Variables evaluadas

4.4.1.-Preparación de suelo y paralelismo de surcado

Las variables evaluadas en la preparación de suelo fueron la profundidad de trabajo del subsolador, arado cincel, rastra pesada y rastra liviana, dependiendo del tipo de suelo se evalúan las profundidades para cada implemento, **ver cuadro 11**. En el paralelismo de surcado las variables evaluadas fueron el tipo de sistema utilizado (RTK o manual), permitiendo máximo 5 centímetros bajo o 5 centímetros arriba de lo programado.

Cuadro 11. Profundidad de los implementos agrícolas, de acuerdo al tipo de suelo.

Actividad	Indicador por tipos de suelos	
	Suelos 14 (cm)	Restos de suelos (cm)
Subsuelo	Mínimo 40	Mínimo 45
Rastra pesada	Mínimo 18	Mínimo 24
Cincel	Mínimo 30	Mínimo 35
Rastra liviana	Mínimo 15	Mínimo 18

4.4.2.-Certificación de semillero, corte de semilla en tolete y esqueje

Las variables evaluadas en semilleros fueron: yemas sanas, daños por roedores, daños por termita, daños por barrenador, edad del semillero y pureza varietal. Se considera el tamaño de la muestra (5 metros lineales). La conformidad de cada variable se estima en porcentaje, **ver cuadro 12**. En el corte de semilla por tolete, se evalúa tolete sin yema, llenado de canasta (hasta el punto de agarre), daños por plagas, caña dejada por tocón. Semilla por esqueje se evaluaron las variables: amarre del manojo (con dos cogollos), daños por plagas, porcentaje de longitud y cantidad de esqueje por manojo.

Cuadro 12. Variables evaluadas en la certificación de semilleros.

Actividad	Variables	Indicador	Meta
Certificación de semilleros	Yemas sanas	% yemas sanas	95 %
	Daño de roedores	% de roedores	4%
	Daño de barrenador	% intensidad de infestación de barrenador	1.5 %
	Daño de termita	% intensidad de infestación de termita	1 %
	Pureza varietal	% pureza varietal	98 %
	Edad de semillero	Según variedad	160-220 DDS para CP -881165, CP 73 154, CG 98 10.

4.4.3.-Siembra y resiembra

Las variables evaluadas durante la siembra incluyeron la cantidad de yemas por metro lineal, determinada según la variedad de caña utilizada, y la profundidad del tapado de semilla, la cual debe ser de 6-10 centímetros en siembra manual y de 8-12 centímetros en siembra mecanizado. En el caso de la resiembra, se valora la profundidad de huaqueado, que debe ser superior a 12 centímetros, el tapado de semilla, que debe mantenerse entre 6-10 centímetros, y la cantidad de yemas, que debe oscilar entre 11 y 14 yemas por metro lineal.

4.4.4.-Profundidad de escarificado

Se estima la profundidad que estaba realizando el escarificado, la cual depende del tipo de suelo, para suelo 4 y 7 tiene que estar arriba de 35 centímetros, suelo 10 y 14 fue menor de 35 centímetros.

4.4.5.-Fertilización mecánica

Se determina la descarga por salida la cual depende del plan de fertilización que están realizando, la variación por salida la que permite 5% bien arriba o por debajo de lo programado, la velocidad que está operando el tractor, permitido 10 km/h máximo.

4.4.6.-Sistemas de riego por goteo y aspersión

Las variables evaluadas en el sistema de riego por goteo fueron: la descargar por manguera, que tiene que ser a un litro por hora, presión final en cada manguera arriba de 10 psi, variación de descarga por manguera 10 % permitido arriba o por debajo de lo esperado y la distribución uniforme arriba del 90%. En la reparación del sistema las variables evaluadas fueron: material con el que se trabajó (niple o alambre de amarre), posición del gotero hacia arriba, posición de la manguera, posición de la manguera respecto al surco y profundidad de tapado de la manguera arriba de 6 centímetros. Sistema de riego por aspersión variables evaluadas, lamina de riego, presión de aspersores y distribución uniforme, porcentaje de traslape,

4.4.7.-Control de malezas, población y espacios vacíos.

Las variables evaluadas en malezas fueron porcentaje de infestación por cada muestra (25 metros lineales) y fitotoxicidad en maleza. Variables evaluadas en población fueron los espacios mayores a 1.5 metros.

V.-RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1.-Preparación de suelo

En la preparación de suelo se evaluaron cuatro implementos subsuelo, rastra pesada, arado cincel y rastra liviana. El subsuelo permite romper capas compactadas de 45 centímetro de profundidad, así mejorando la infiltración y desarrollo radicular profundo. El arado cincel, trabajó a menor profundidad de 35 centímetro de profundidad, levantando bloques sin voltear el suelo, lo que conserva la estructura y minimizo la perdida de materia orgánica. La rastra pesada ayuda a eliminar las cepas de la plantación anterior, fragmenta los terrones grandes y ayuda a nivelar el terreno, permite un mejor anclaje de la semilla. Rastra liviana, afina la superficie de la capa superficial, teniendo una mejor cobertura del suelo.

La preparación de suelo es crucial para maximizar el rendimiento, ya que facilita la siembra, mejora la aireación, la infiltración del agua y eficiencia de absorción de nutrientes. Durante las auditorías realizadas a las labores de preparación de suelo. Se evaluó el cumplimiento de las especificaciones establecidas en la matriz de calidad. Las variables evaluadas fueron clasificadas como conforme porque cumplieron con los parámetros definidos.

5.2.-Paralelismo de surcado

Se observó que el paralelismo de surcado mediante sistema RTK permitió una mayor precisión que el sistema manual, tiene un impacto significativo en la uniformidad de germinación. En la evaluación de paralelismo de surcado, se observó que las practicas deben alinearse estrictamente a los estándares establecidos. Cualquier desviación respecto a la alineación adecuada resulto en una clasificación de no conforme, siguiendo los lineamientos de la matriz de calidad.

5.3.-Certificación de semillero, corte de semilla en tolete y esqueje

Los resultados de las variables evaluadas en la certificación fueron conforme, ya que salieron por debajo de lo establecido en la matriz de calidad. Las auditorías realizadas en los semilleros determinaron que, al momento del corte de semilla en tolete y esqueje, deben notificar los resultados al caporal de corte, informando si el proceso fue conforme o no. Esta comunicación permite la retroalimentación inmediata y la implementación de medidas correctivas en campo.

5.4.-Siembra y resiembra de caña de azúcar

Para las actividades de siembra y resiembra, se notifica al caporal o encargado sobre los resultados de la inspección. Se observó que las variables inspeccionadas fueron consideradas conforme cuando se ajustan a los estándares en la matriz de calidad.

5.5.-Profundidad escarificado, fertilización mecánica, riego por goteo y aspersión

El escarificado permite un incremento en la aireación del suelo, la infiltración del agua en comparación con los lotes no escarificado, por lo tanto, el escarificado es una práctica muy beneficiosa en el manejo del cultivo. Las variables se consideran conforme, porque cumplieron las especificaciones de la matriz de calidad. La fertilización mecánica permitió una aplicación uniforme y precisa de los nutrientes, se observó un mejor desarrollo en el cultivo. Al realizar una buena calibración de la fertilizadora se obtendrá una mejor fertilización en los cultivos y esto se mira reflejado en el rendimiento. Las variables fueron conforme por que se adapta a la matriz de calidad.

Riego por goteo se obtienen mejores resultados en el uso eficiente del agua y la uniformidad de humedad en el sistema radicular. Este sistema permite una fertirrigación localizada, favoreciendo la absorción inmediata de nutriente. Al principio implica costo elevados y requiere manejo constante. Se considero conforme las variables evaluadas se ajustan a los estándares de calidad. Riego por aspersión resulto eficaz al principio del cultivo favoreciendo

la germinación de la caña, pero en comparación con el riego por goteo mostro menor eficiencia hídrica. En suelos con alta evaporación presenta limitaciones. Las variables evaluadas fueron conforme, los resultados fueron positivos.

5.6.-Control de malezas, población y espacios vacíos, muestreo con el MicroNIR

Las variables evaluadas fueron clasificadas conforme ya que cumplen con las variables en la matriz de calidad. El seguimiento oportuno a los resultados permitió implementar acciones correctivas en los casos donde la infestación y espacio vacío afectaba significativamente el rendimiento de la caña.

Durante los muestreos de caña de azúcar realizado con el MicroNIR, se realizaron mayores lecturas, en comparación con el muestreo manual, donde se corta la caña (muestra) y se lleva al laboratorio, se tiene mejor avance. El uso del MicroNIR, como una herramienta de muestreo en caña de azúcar demuestra ser una alternativa más viable y eficiente para estimar parámetros de calidad en campo.

VI.-CONCLUSIONES

La evaluación físico-química de los suelos en las áreas de cultivo de caña de azúcar permitió identificar con precisión las necesidades específicas de nutrientes, facilitando el diseño de un plan de fertilización mecánica eficiente y adaptada a cada lote. La correcta preparación de suelo, acompañada del paralelismo de surcado, mejoro las condiciones de siembra y resiembra.

La implementación de riego por goteo y aspersión, apoyado de las tecnologías de monitoreo de humedad y consumo hídrico. Esta estrategia redujo el desperdicio del recurso hídrico. El escarificado aplicado en los momentos adecuados favoreció la infiltración de agua y retención de agua.

La capacitación del personal técnico y operativo fortaleció la adopción de prácticas sostenibles, enfocadas en la eficiencia del manejo agronómico. El control de maleza oportuno, la atención a la densidad poblacional y la reducción de espacios vacíos impactaron positivamente en el rendimiento de cultivo.

VII.-RECOMENDACIONES

Realizar análisis físico-químico en laboratorio por cada área para identificar niveles de PH, materia orgánica, macro y micronutrientes disponible en el suelo. Con base en estos resultados, desarrollar un plan de fertilización para cada sitio específico que considere tanto la necesidad de nutrientes como la eficiencia económica. Además, se sugiere utilizar fertilizantes de liberación controlada o mezclas personalizadas según el diagnóstico. Esto contribuirá a mejorar la productividad y reducir pérdidas por exceso o deficiencia de nitrógeno.

Se sugiere instalar sensores de humedad en el suelo e instalaciones meteorológicas locales para monitorear en tiempo real las necesidades hídricas del cultivo. Estos datos deben integrarse con sistemas de gestión de riego automatizado que permitan aplicar agua en función de la demanda real del cultivo.

Se propone desarrollar un programa de formación continua dirigido al personal técnico y operativo, enfocado en sostenibilidad agrícola, uso racional de insumos y adopción tecnológicas. Las capacitaciones deben incluir talleres prácticos, charlas técnicas y visitas demostrativas a campo preferiblemente con apoyo de expertos externos o instituciones académicas.

VIII.-BIBLIOGRAFIA

- (s.f.). Obtenido de YARA: <https://www.yara.com.co/nutricion-vegetal/cana-de-azucar/resumen-nutricional/>
- (s.f.). Obtenido de InfoAgro: https://www.infoagro.com/documentos/rendimiento_cana_azucar_y_factores_que_le_afectan.asp
- (24 de Noviembre de 2014). Obtenido de CENICAÑA: <https://www.cenicana.org/surcado-de-precision-con-sistema-autoguia/>
- (Agosto de 2017). Obtenido de Zagarpa: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/265015/Reporte_de_Proyecto_3_Se_milleros.pdf
- (30 de Noviembre de 2022). Obtenido de JACTO: <https://bloglatam.jacto.com/plantacion-de-cana/>
- Blog agricultura. (1 de Junio de 2025). *Blog agricultura*. Obtenido de Clima, agua y suelo: <https://blogagricultura.com/clima-suelo-cana/>
- Castro, G. L. (Diciembre de 2010). Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/9b6cfd5a-fdba-4526-81b4-6a4730ace458/content>
- Cherlinka, V. (19 de Marzo de 2025). Obtenido de <https://eos.com/es/blog/manejo-de-malezas/>
- Galloso, Y. (28 de Julio de 2018). *SCRIB*. Obtenido de Morfologia de la caña de azúcar: <https://es.scribd.com/document/384905807/Morfologia-de-La-Cana-de-Azucar>
- Guillen, G. (10 de Julio de 2019). Obtenido de ANDI: <https://www.andi.hn/boletin/gracias-a-la-agro-industria-de-la-cana-de-azucar-honduras-se-posiciona-como-lider-en-tecnologia-de-riego-por-goteo/>
- Iglesia, J. G. (5 de Junio de 2015). *SCRIB*. Obtenido de Factores climaticos del cultivo de caña de azúcar: <https://es.scribd.com/document/267811673/Factores-Climaticos-Cana-de-Azucar>

- Jorge, T. (Octubre de 2020). Obtenido de Repositorio:
<https://repositorio.una.edu.ni/4254/1/tnf01t693e.pdf>
- José Mendoza, F. G. (2009). Obtenido de <https://cincae.org/wp-content/uploads/2021/08/SISTEMA%20PRODUCCION%20SEMILLA%20SANA.pdf>
- Lagos. (2022). Obtenido de <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/38001>
- Marcelo, H. D. (s.f.). Obtenido de Agrobanco:
https://www.agrobanco.com.pe/pdfs/capacitacionesproductores/Cania/MANEJO_INT EGRADO_DEL_CULTIVO_DE_CANA_DE_AZUCAR.pdf
- MEFFCA. (s.f.). *Cultivo de caña de azúcar*. Obtenido de Ministerio de economía familiar:
<https://www.economiafamiliar.gob.ni/backend/vistas/doc/cartilla/documento4994703.pdf>
- Procaña. (2025). *Historia de la caña*. Obtenido de Procaña: <https://procana.org/site/historia-de-la-cana/>
- Rodriguez, C. (1995). Obtenido de
https://www.cenicana.org/pdf_privado/documentos_no_seriados/libro_el_cultivo_cana/libro_p109-114.pdf
- Romero, E. R., Olea, I., Scandaliaris, J., Alonso, J., & Digonzelli, P. (s.f.). Obtenido de Profertil: <https://www.profertil.com.ar/wp-content/uploads/2020/08/fertilizacion-de-cana-de-azucar.pdf>
- SAGARPA. (2015). *Comité Nacional para el desarrollo sustentable de la caña de azúcar*. Obtenido de Ficha técnica del cultivo de caña de azúcar:
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/141823/Ficha_Tecnica_Ca_a_de_Azucar.pdf
- Sela, I. G. (s.f.). Obtenido de Cropaia: <https://cropaia.com/es/blog/riego-cana-de-azucar/>
- YARA. (2025).

ANEXOS

Anexo 1. Rastra pesada.



Anexo 2. Subsuelo (subsolador).



Anexo 3. Preparación de suelo.



Anexo 4. Medición de profundidad.



Anexo 5. Paralelismo de surcado.



Anexo 6. Medición de paralelismo.



Anexo 7. Solución desinfectante.



Anexo 8. Deshoje de muestra.



Anexo 9. Semilla en tolete.



Anexo 10. Semilla en esqueje.



Anexo 11. Daño por termita.



Anexo 12. Daño por rata.



Anexo 13. Caña dejada (tocón).



Anexo 14. Daño por manejo.



Anexo 15. Daño por barrenador.



Anexo 16. Colocación de canasta.



Anexo 17. Estaquillado de siembra.



Anexo 18. Siembra.



Anexo 19. Resiembra.



Anexo 20. Escarificado.



Anexo 21. Profundidad de escarificado.



Anexo 22. Medición de 100 metros.



Anexo 23. Calibración de fertilizadora.



Anexo 24. Profundidad de manguera.



Anexo 25. Largo de trabajo.



Anexo 26. Calibración manual.



Anexo 27. Medición de espacio vacíos.

