

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

ANÁLISIS DE FERTILIZACIÓN Y CONTROL DE MALEZAS MECANIZADO
EN FINCAS DEL INGENIO LA UNIÓN, S. A., ESCUINTLA
SISTEMATIZACIÓN DE PRÁCTICA PROFESIONAL

CARLOS FERNANDO LÓPEZ RODRÍGUEZ
CARNET 20589-04

ESCUINTLA, MARZO DE 2015
SEDE REGIONAL DE ESCUINTLA

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

ANÁLISIS DE FERTILIZACIÓN Y CONTROL DE MALEZAS MECANIZADO

EN FINCAS DEL INGENIO LA UNIÓN, S. A., ESCUINTLA
SISTEMATIZACIÓN DE PRÁCTICA PROFESIONAL

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR
CARLOS FERNANDO LÓPEZ RODRÍGUEZ

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES EN EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIADO

ESCUINTLA, MARZO DE 2015
SEDE REGIONAL DE ESCUINTLA

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

| | |
|--|--|
| RECTOR: | P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J. |
| VICERRECTORA ACADÉMICA: | DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO |
| VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: | DR. CARLOS RAFAEL CABARRÚS PELLECEER, S. J. |
| VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: | P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J. |
| VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: | LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS |
| SECRETARIA GENERAL: | LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA |

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

| | |
|----------------------|--------------------------------------|
| DECANO: | DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS |
| VICEDECANA: | LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ |
| SECRETARIA: | ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES |
| DIRECTOR DE CARRERA: | MGTR. LUIS MOISÉS PEÑATE MUNGUÍA |

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN
ING. HERNÁN ADOLFO LÓPEZ MALDONADO

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN
ING. JORGE ALFREDO CARDONA ORELLANA
ING. JOSUE ISMAEL ALAS OBREGON
ING. JUAN ALBERTO QUIÑONEZ

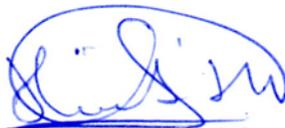
Escuintla, 04 de Febrero de 2015

Honorable Consejo de
La Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente.

Distinguidos Miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he procedido a revisar el Informe Final de Práctica Profesional del estudiante Carlos Fernando López Rodríguez, que se identifica con carné 20589-04, titulado, "**Análisis de labores de fertilización y control de malezas mecanizado en fincas de Ingenio La Unión, S.A. Santa Lucia Cotzumalguapa, Escuintla**", el cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad para ser aprobado, por lo que solicito su aprobación.

Atentamente,



Ing. Agr. Hernán Adolfo López Maldonado



Universidad
Rafael Landívar
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 06266-2015

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Sistematización de Práctica Profesional del estudiante CARLOS FERNANDO LÓPEZ RODRÍGUEZ, Carnet 20589-04 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES, de la Sede de Escuintla, que consta en el Acta No. 0615-2015 de fecha 28 de febrero de 2015, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

ANÁLISIS DE FERTILIZACIÓN Y CONTROL DE MALEZAS MECANIZADO
EN FINCAS DEL INGENIO LA UNIÓN, S. A., ESCUINTLA

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 19 días del mes de marzo del año 2015.



ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES, SECRETARIA
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar



AGRADECIMIENTOS

A Dios que me dio la vida, la sabiduría y la bendición de superarme.

A la Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas por ser parte de mi formación Académica.

A mi asesor Ing. Agr. Hernán Adolfo López Maldonado por su valiosa asesoría, revisión y corrección de la presente Sistematización de Práctica Profesional.

A Ingenio La Unión S.A., Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla; por permitirme realizar mi Práctica Profesional

DEDICATORIA

A

Dios: por su misericordia inconfundible y bendiciones en mi vida.

Mis Padres: por darme el don de la vida, guiarme y ser mi ejemplo.

Mis hermanos: por apoyarme y estar conmigo en todo momento.

Mis Abuelos: por sus consejos llenos de sabiduría y apoyo.

INDICE

| | Página |
|--|--------|
| RESUMEN | i |
| SUMMARY | ii |
| I. INTRODUCCIÒN | 1 |
| II. ANTECEDENTES | 3 |
| 2.1 Revisión de literatura | 3 |
| 2.1.1 Importancia de la caña de azúcar | 3 |
| 2.1.2 Secuencia de labores en el cultivo de caña de azúcar | 4 |
| Preparación de suelos | 4 |
| Siembra | 5 |
| Fertilización | 6 |
| Calibración de los equipos de fertilización | 10 |
| Control de malezas | 11 |
| Calibración de los equipos de aplicación de herbicida | 16 |
| 2.2 Localización | 23 |
| 2.3 Descripción de la actividad de la empresa | 23 |
| 2.3.1 Producción de azúcar | 24 |
| 2.3.2 Generación de energía eléctrica | 25 |
| 2.3.3 Organigrama de la empresa | 26 |
| III. OBJETIVOS | 27 |
| 3.1 General | 27 |
| 3.2 Específicos | 27 |
| IV. PLAN DE TRABAJO | 28 |
| 4.1 Descripción del área de trabajo específico | 28 |
| 4.1.1 Funciones del Departamento de Control de Calidad y Oportunidad Agrícola (CCOA) | 28 |
| 4.2 Programa a desarrollar | 28 |
| 4.2.1 Calibración de la fertilización mecánica | 28 |

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 4.2.2 | Evaluación de presencia de malezas | 29 |
| 4.2.3 | Evaluación de la precisión de calibración de asperjadora de uso manual en la aplicación de herbicida | 30 |
| 4.2.4 | Evaluación de la precisión de calibración de asperjadora mecanizada en la aplicación de herbicida | 31 |
| 4.3 | Cronograma de actividades | 32 |
| 4.4 | Metas propuestas | 34 |
| V. | RESULTADOS | 35 |
| 5.1 | Conformidad general de las calibraciones de los equipos de Fertilización y aplicación de herbicidas | 35 |
| 5.2 | Conformidad en las calibraciones de fertilización | 36 |
| 5.2.1 | % de variación de dosis teórica/dosis real en la fertilización | 36 |
| 5.2.2 | % de variación de descarga entre salidas en la fertilización | 37 |
| 5.3 | Conformidad en las calibraciones de aplicación de herbicida en equipo mecánico y manual | 39 |
| 5.3.1 | % de variación de volumen de descarga de herbicida equipo mecánico | 39 |
| 5.3.2 | % de variación de volumen de descarga de herbicida en equipo manual | 41 |
| 5.4 | Conformidad en la presencia de malezas | 42 |
| VI. | CONCLUSIONES | 43 |
| VII. | RECOMENDACIONES | 45 |
| VIII. | REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 46 |
| IX. | ANEXOS | 49 |

INDICE DE CUADROS

| | |
|--|-----------|
| Cuadro 1. Parámetros de medición de cada labor de preparación de suelos | 5 |
| Cuadro 2. Extracción de nutrientes en caña de azúcar. | 7 |
| Cuadro 3. Extracción de N, P, K, Ca y Mg por cada tonelada de caña comercial (kg/T caña) de cuatro variedades de caña de azúcar en Guatemala. | 8 |
| Cuadro 4. Principales malezas, según su orden de importancia en Guatemala. | 13 |
| Cuadro 5. Indicadores de calidad con el porcentaje (%) de conformidad cada actividad agrícola. | 35 |
| Cuadro 6. Porcentaje (%) conformidad de la labor de Fertilización, sobre la variación en la descarga total a aplicar. | 49 |
| Cuadro 7. Porcentaje (%) conformidad por finca en el indicador de descarga por salida en la fertilización. | 49 |
| Cuadro 8. Porcentaje (%) conformidad para el indicador de litros/hectárea en equipo mecánico de aplicación. | 51 |
| Cuadro 9. Porcentaje (%) conformidad en el parámetro de litros por hectárea en los equipos manuales de aplicación | 51 |
| Cuadro 10. Porcentaje (%) conformidad en presencia de malezas en caña soca. | 53 |
| Cuadro 11. Porcentaje (%) conformidad en presencia de malezas en caña plantía. | 54 |
| Cuadro 12. Datos recolectados en campo de las evaluaciones de Fertilización. | 56 |
| Cuadro 13. Datos recolectados en campo de las evaluaciones de las asperjadoras mecánicas de herbicida | 57 |
| Cuadro 14. Datos recolectados en campo de las evaluaciones de las asperjadoras manuales de herbicida. | 58 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|-----------|
| Figura 1. Análisis comparativo de exportaciones de azúcar de Guatemala, primer tercio de zafra 2010/2011 vrs 2011/2012. | 3 |
| Figura 2. Labores (implementos) utilizados en la secuencia de preparación de suelos a) Arado (arado de cincel), b) Volteo (rastro arado), c) Pulido (rastra), d) Subsulado (subsolador), e) Surcado (surcador). | 4 |
| Figura 3. Profundidad de las raíces de las plantas con y sin fertilización. | 9 |
| Figura 4. Principales malezas (Ciperáceas y Gramíneas) en caña. | 11 |
| Figura 5. Principales malezas (Hoja ancha) en caña. | 12 |
| Figura 6. Equipos de aplicación A) Mecánico, B) Manual. | 16 |
| Figura 7. Organigrama del área agrícola de Ingenio La Unión, S.A. | 26 |
| Figura 8. Semáforo de la calidad con el porcentaje (%) de conformidad por indicador de cada actividad. | 36 |
| Figura 9. Porcentaje (%) conformidad de la labor de Fertilización, sobre la variación en la descarga total a aplicar. | 37 |
| Figura 10. Porcentaje (%) conformidad de la labor de Fertilización, sobre la variación de descarga entre salidas. | 38 |
| Figura 11. Variación individual de descarga entre salidas. | 39 |
| Figura 12. Porcentaje (%) conformidad de la labor de aplicación de herbicida con equipo mecánico (L/Ha). | 40 |
| Figura 13. Variación de descargas en equipo mecánico. | 40 |
| Figura 14. Porcentaje (%) conformidad de la labor de aplicación de herbicida con equipo manual (L/Ha). | 41 |
| Figura 15. Porcentaje (%) de conformidad en el indicador de presencia de maleza en caña soca. | 42 |
| Figura 16. Calibración de la fertilización para la descarga por salida y dosis teórica. | 50 |
| Figura 17. Calibración del recorrido de los aplicadores para calcular la velocidad. | 52 |
| Figura 18. Calibración del grupo de aplicadores al momento de la descarga. | 52 |
| Figura 19. Medición y lectura de las descargas de cada equipo manual de aplicación. | 53 |

- Figura 20. A) muestra un lote con presencia abundante de *Momordica charantia*
Caña caña soca de 35 días, B) muestra presencia exagerada de
Momordica Charantia y *Ipomoea triloba* en un lote de 10 meses** 55
- Figura 21. A) y B) muestran presencia considerable de maleza que compite con la
Caña, C) presencia de *Portulaca oleraceae* abundante en una renovación
(plantía), D) muestra un lote que fue aplicado pero no en el momento
Oportuno, la maleza ya está fisiológicamente desarrollada.** 55

ANÁLISIS DE FERTILIZACION Y CONTROL DE MALEZAS MECANIZADO EN FINCAS DEL INGENIO LA UNIÓN, S.A. ESCUINTLA.

RESUMEN

La práctica profesional se realizó del mes de Julio a Octubre del año 2012, entre las actividades realizadas están: la supervisión en las labores de fertilización, aplicación de herbicidas con equipo mecánico y manual y evaluaciones de presencia de maleza en el cultivo de caña de azúcar en once fincas de Ingenio La Unión S.A. La actividad que se realizó en cada labor fue la calibración de los equipos con el objetivo de garantizar la conformidad y supervisar que las labores agrícolas fueran realizadas según lo indicado en el paquete tecnológico de la empresa. Los indicadores para la fertilización fueron: dosis teórica/dosis real y la dosis por salida. Para los equipos de herbicidas el indicador fue el volumen de aplicación. Los resultados obtenidos en la fertilización para los dos indicadores fueron en general conforme y se realizaron recomendaciones para mejorar en las fincas donde no se cumplió con los indicadores de calidad. Para la actividad de aplicación de herbicidas los resultados obtenidos reflejan fincas donde se debe mejorar específicamente para los equipos manuales de herbicidas, en los equipos de aplicación mecánicos solo dos fincas no cumplen con el indicador de calidad. En el indicador de presencia de maleza los resultados obtenidos indican que solo dos fincas fueron encontradas no conformes en este indicador de calidad.

FERTILIZATION ANALYSIS AND MECHANIZED WEEDS CONTROL IN THE FARMS OF LA UNIÓN, S.A. MILL, ESCUINTLA

SUMMARY

The professional practice was carried out from July to October 2012; among the activities are the following: supervision of the fertilization works, application of herbicides with mechanical and manual equipment, and evaluations for weeds in the sugar cane production in eleven farms of La Unión S.A. mill. The activity that was carried out in each work was equipment calibration in order to guarantee the compliance and supervise that the agricultural works are carried out according to the established in the company's technological package. The fertilization indicators were: theoretical dose/real dose and dose per output. For the herbicide equipment, the indicator was the application volume. The results obtained in the fertilization for the two indicators were, in general, compliant and recommendations were followed to improve the farms where the quality indicators were not met. For herbicide application, the results obtained identify the farms where improvements should be made, specifically for the manual herbicide equipment; regarding the mechanical application, only two farms did not meet the quality indicator. In the weed presence indicator, the results obtained indicate that only two farms did not meet the quality indicator.

I. INTRODUCCIÓN

La industria azucarera despegó en Guatemala a inicios de los años sesentas y actualmente hay 15 ingenios en todo el país, concentrándose la mayoría en las tierras planas de la costa del pacífico en los departamentos de Escuintla, Suchitepéquez, Retalhuleu y Santa Rosa. (ASAZGUA, 1996).

La agroindustria azucarera de Guatemala se ha ubicado como el tercer exportador más importante de Latinoamérica, después de Brasil y Cuba y dentro de los ocho exportadores mayores del mundo. Dentro de la economía del país la actividad azucarera representa un 3 % del producto interno bruto (PIB), el 19.4% del valor de la producción agrícola, el 23 % del total de las divisas generadas por los productos tradicionales ocupando un segundo lugar después del café. (ASAZGUA, 1996).

Ingenio La Unión comenzó operaciones el 20 de enero de 1,970 en la Finca Belén, situada en Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, en su primera zafra produjo 727.27 toneladas de azúcar. Luego se inició el proyecto de ampliación, la primera etapa del proyecto consistía en llevar a la fábrica a procesar 2000 toneladas de caña/día, y en una segunda etapa llevarlo a 6,000 toneladas de caña/día, al inicio de los años noventa el ingenio ya procesaba 7,000 toneladas de caña/día. Posteriormente mediante cambios paulatinos, pero sobre todo debido a una mejor gestión del grupo humano de la fábrica, se logró llegar a procesar 12,500 toneladas de caña/día.

En forma paralela al desarrollo de la fábrica evoluciono el área agrícola. A través del establecimiento del paquete tecnológico del cultivo de la caña, el cual consiste en describir la forma correcta y oportuna con parámetros de medición para cada labor que rigen un nivel de calidad para garantizar la productividad de los campos, esto es evaluado por medio del proceso de Control de Calidad y Oportunidad Agrícola.

El Departamento de Control de Calidad y Oportunidad Agrícola, donde se llevó a cabo la práctica profesional, inició a ejecutar sus actividades en el año 2010. Con las funciones de evaluar y controlar la calidad de las labores agrícolas, de acuerdo con lo establecido en el paquete tecnológico con el objetivo de incrementar la producción de caña.

Como objetivo de la práctica es supervisar y verificar que cada labor agrícola se realicen según estándares de calidad establecidos en el paquete tecnológico y que cumplan con la conformidad de las mismas, se realizaron visitas a las fincas para evaluar las actividades mediante revisión de las dosis aplicadas en las actividades de fertilización y aplicación de herbicidas (manual y mecánica).

La calidad, oportunidad y conformidad del paquete tecnológico de labores agrícolas, son factores fundamentales en el desarrollo de la productividad agrícola, por dicha razón es necesario implementar el control de estos tres factores.

Con este objetivo se creó el Departamento de Control de Calidad y Oportunidad Agrícola para velar por el cumplimiento de los parámetros establecidos en el paquete tecnológico y de ésta manera, aumentar la producción.

También como parte importante de las supervisiones es el control para una mejora continua en los procesos y labores agrícolas, para poder ser más efectivos y lograr una mayor productividad.

II. ANTECEDENTES

2.1 Revisión de literatura

2.1.1 Importancia de la caña de azúcar

Guatemala produce alrededor de 2.3 millones de toneladas métricas de azúcar (valor crudo) y se ubica en el sexto lugar de países latinoamericanos productores, después de Brasil, México, Cuba, Colombia y Argentina; dicho volumen de producción se obtiene con el procesamiento de alrededor de 15.5 millones de toneladas métricas de caña de azúcar, producidas en un área total de 240,000 ha de cultivo (Meneses, 2012).

Para Guatemala la producción acumulada al momento en la zafra 2011/2012 suma 840,274.50 toneladas métricas, mientras la anterior cosecha en este tiempo fue de 791,982.35 toneladas métricas. Es decir, existió un aumento de 48,292.14 toneladas métricas, lo cual representan un 6.10% de crecimiento (AZASGUA, 2012).

Analizando comparativamente el primer tercio de producción de la última zafra (2010/2011) vrs el actual (2011/2012), las exportaciones llegaron a 321,546.09 toneladas métricas, pero aumentó a 383,435.82 toneladas métricas en 2011/12. El incremento fue de 61,889.73 toneladas métricas (19.25%).

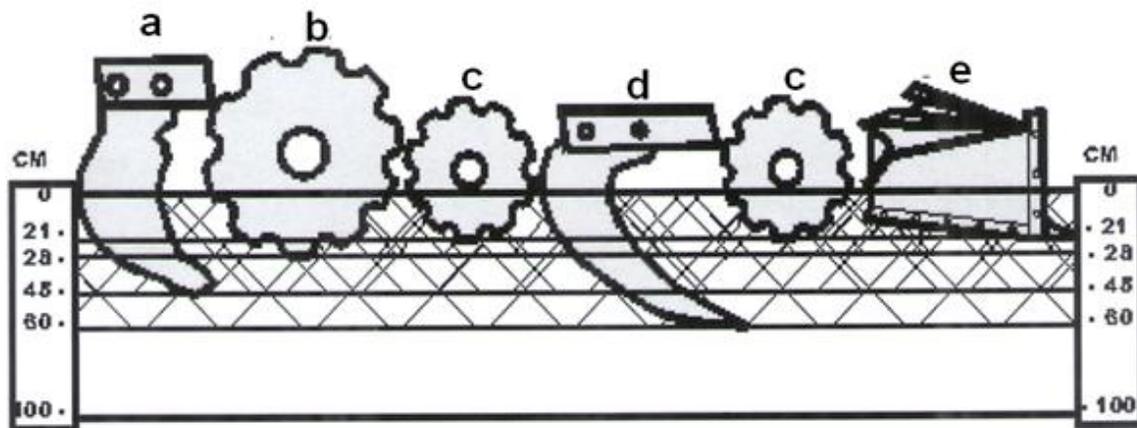


2.1.2 Secuencia de labores en el cultivo de caña de azúcar

Preparación de suelos

Las labores necesarias para una adecuada preparación de suelos y su secuencia dependen de las características del suelo que será renovado, estas se pueden conocer a través de la observación y descripción del perfil en una calicata (1m³) representativa del lote. Lo principal a observar en el perfil es la cantidad de horizontes presentes, su espesor, profundidad, textura y estructura (García, Villatoro, Díaz, Sandoval, 2012).

Debido a la variabilidad de suelos existentes en la zona cañera y la variación en el manejo del cultivo por parte de los ingenios, las labores y secuencia son variables, pero de manera general en la Figura 9 se muestra una secuencia típica de las labores de preparación y en el cuadro 1 los parámetros de medición de cada labor (García *et al.*, 2012).



2012).

Figura 2. Labores (implementos) utilizados en la secuencia de preparación de suelos. a) Arado (arado de cincel), b) Volteo (rastrador), c) Pulido (rastra), d) Subsulado (subsolador), e) Surcado (surcador).

(García, Villatoro, Díaz, Sandoval, 2012).

Cuadro 1. Parámetros de medición para cada labor de preparación de suelos.

| Labor | Implemento | Profundidad (cm) |
|--------------|-------------------|-------------------------|
| Arado | arado de cincel | 45 |
| Volteo | rastro arado | 28 |
| Pulido | rastra | 20 |
| Subsolado | subsolador | 60 |
| Surcado | surcador | 20 |

(El autor, 2013)

En general y en su orden, la secuencia sería un paso con arado de cincel, luego el volteo con rastro arado, un primer pulido con una rastra, luego el subsolado con subsolador, seguidamente un segundo pulido y por último el surcado. Los beneficios que se obtienen con una adecuada preparación de suelos son: destrucción de las cepas para eliminar residuos de cosechas anteriores y malezas, favorecimiento de la actividad química y biológica, control de plagas del suelo, mejoramiento de la infiltración del agua y el drenaje sub-superficial, rompimiento de las capas compactadas para el favorecimiento de la penetración y desarrollo de las raíces. (Campollo, 1999)

Siembra

Se realiza manualmente y los esquejes se pueden distribuir en diferentes modalidades, siendo una de ellas la de “cadena de doble trasplante”, con la cual se logran 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 (Ovalle, Quemé, Orozco, Pérez, 2012). En ingenio La Unión se colocan 12 yemas viables por metro lineal para todas las variedades.

El distanciamiento para distribuir un paquete de 30 esquejes de semilla en el surco (estaquillado) depende de la variedad y calidad de la semilla, por lo regular son 9 m (Orozco, Ceballos, Azañón, 2000), en Ingenio la Unión el distanciamiento es de 8.80 – 9.20 m y los paquetes deben de contener de 29 – 31 esquejes.

Previo a la siembra se preparan los paquetes de semilla que tienen procedencia de semilleros certificados, que reúnen diferentes características como la calidad genética (pureza varietal), pureza sanitaria (libre de enfermedades y plagas), físicas (vigor del tallo, sin daños mecánicos, contaminantes y otros), fisiológicas y sin daños mecánicos (cortes por machetes) (Tarenti, 2004).

Terminada la siembra se realiza una evaluación de la población con el propósito de determinar el éxito de la siembra y tomar decisiones en caso de resiembras. Entre 30 y 40 días después de la siembra, se debe realizar un conteo de la población (brotes por metro lineal), actualmente se considera adecuada una población de 10 brotes por metro lineal, asumiendo cerca de 70% de germinación, cuando existan espacios de más de 0.75 m se debe realizar resiembra únicamente en esos espacios vacíos (Ovalle *et al.*, 2012), en Ingenio la Unión se realiza un conteo de brotes a los 60 días después de la siembra y debe de haber 10 brotes por metro lineal, esto es aplicable para todas las variedades, para lo que es resiembra se realiza cuando el espacio sin caña tiene 1.00 m. Es importante recalcar que en plantilla no debería de haber resiembra debido a que es renovación, en el caso de caña soca es normal hacer resiembra porque no es uniforme el brote.

Fertilización

La fertilización constituye una práctica cultural de fundamental importancia para que los cañaverales alcancen altos rendimientos, así mismo; su elevado costo exige realizar un uso oportuno y efectivo del fertilizante para lograr su máximo aprovechamiento. Una fertilización eficiente permitirá el establecimiento temprano y una distribución uniforme de los brotes, para reducir las fallas y asegurar la conformación de cañaverales con una elevada población de tallos a cosecha, que es el componente de máxima importancia en la definición del rendimiento (Pérez, 2012). La extracción de nutrientes para la caña de azúcar se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Extracción de nutrientes en caña de azúcar.

| Cultivo | Rendimiento (kg/ha) | Nitrógeno kg/ha (N) | Fósforo kg/ha (P ₂ O ₅) | Potasio kg/ha (K ₂ O) | Magnesio ppm (Mn) | Silicio ppm (S) |
|----------------|-------------------------------|----------------------------------|---|---|--------------------------------|------------------------------|
| Caña de azúcar | 50,000-100,000 | 60-110 | 50-90 | 150-340 | 0-50 | 0-38 |

(Pérez, 2012).

El beneficio a obtener de la fertilización dependerá en gran medida de la fertilidad del suelo, del nivel productivo del lote, de la edad del cultivo y de las condiciones de drenaje, sin embargo; la elección de la dosis adecuada, la aplicación en época y la utilización efectiva de todas las tecnologías disponibles, especialmente de la eficacia del control de malezas permitirán optimizar su impacto económico. El no fertilizar implica que las cañas socas tendrán una baja entre 15 a 35 toneladas de caña por hectárea del próximo ciclo, pérdidas que serán mayores en suelos de baja fertilidad y en las cepas más viejas.

Las plantas como la caña de azúcar requieren para su crecimiento y desarrollo 16 elementos denominados esenciales, estos nutrientes son carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe) manganeso (Mn), cinc (Zn), cobre (Cu), boro (B), molibdeno (Mo) y cloro (Cl). Adicionalmente debe incluirse el silicio (Si), aunque no se le considere esencial es importante y es un elemento beneficioso en la nutrición del cultivo de caña de azúcar (García *et al.*, 2012).

El C, H y O provienen del agua y del aire, y son los elementos que constituyen la mayor parte del peso de las plantas. Los otros trece elementos son minerales y provienen del suelo o son adicionados como fertilizantes. Los requerimientos de nutrientes para la caña de azúcar varían según la variedad, el suelo, condiciones climáticas y manejo del cultivo. (Pérez, 2012). La extracción de nutrientes es variable y depende en parte del genotipo, tal y como lo muestra el cuadro 3.

Cuadro 3. Extracción de N, P, K, Ca y Mg por cada tonelada de caña comercial (kg/T caña) de cuatro variedades de caña de azúcar en Guatemala.

| Nutrientes | Variedad | | | |
|--|------------|------------|------------|----------|
| | CP 72-2086 | PGM 89-968 | SP 79-2233 | CG 96-59 |
| Nitrógeno (N) | 1.00 | 0.92 | 0.88 | 1.19 |
| Fósforo (P ₂ O ₅) | 0.24 | 0.45 | 0.45 | 0.48 |
| Potasio (K ₂ O) | 2.65 | 2.81 | 3.10 | 2.80 |
| Calcio (Ca) | 0.60 | 0.51 | 0.64 | 0.65 |
| Magnesio (Mg) | 0.27 | 0.19 | 0.33 | 0.21 |

(Pérez, 2012).

El nitrógeno (N) es el motor del crecimiento de la planta, suple de 1-4% del extracto seco de la planta. Es absorbido del suelo bajo forma de nitrato (NO₃⁻) o de amonio (NH₄⁺). En la planta se combina con componentes producidos por el metabolismo de carbohidratos para formar amino ácidos y proteínas. Siendo el constituyente esencial de las proteínas, está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas y en la elaboración del rendimiento. Un buen suministro de nitrógeno para la planta es importante también por la absorción de los otros nutrientes (García *et al.*, 2012).

El fósforo (P), que suple de 0.1 a 0.4 por ciento del extracto seco de la planta, juega un papel importante en la transferencia de energía, por eso es esencial para la fotosíntesis y para otros procesos químico-fisiológicos. Es indispensable para la diferenciación de las células y para el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta. El fósforo es deficiente en la mayoría de los suelos naturales, agrícolas o donde la fijación limita su disponibilidad. El potasio (K), que suple del uno al cuatro por ciento del extracto seco de la planta, tiene muchas funciones. Activa más de 60 enzimas (sustancias químicas que regulan la vida). Por ello juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas. El K mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con K sufren menos de enfermedades (García *et al.*, 2012).

El magnesio (Mg) es el constituyente central de la clorofila, el pigmento verde de las hojas que funciona como un aceptador de la energía provista por el sol; por ello, del 15 al 20 por ciento del magnesio contenido en la planta se encuentra en las partes verdes. El Mg se incluye también en las reacciones enzimáticas relacionadas a la transferencia de energía de la planta (García *et al.*, 2012).

El azufre (S) es un constituyente esencial de proteínas y también está involucrado en la formación de la clorofila. En la mayoría de las plantas supone del 0,2 al 0,3 (0,05 a 0,5) por ciento del extracto seco. Por ello, es tan importante en el crecimiento de la planta como el fósforo y el magnesio; pero su función es a menudo subestimada (García *et al.*, 2012).

El calcio (Ca) es esencial para el crecimiento de las raíces y como un constituyente del tejido celular de las membranas. Aunque la mayoría de los suelos contienen suficiente disponibilidad de Ca para las plantas, la deficiencia puede darse en los suelos tropicales muy pobres en Ca. Sin embargo, el objetivo de la aplicación de Ca es usualmente el del encalado, es decir reducir la acidez del suelo (García *et al.*, 2012). La fertilización es importante para el desarrollo radículas, la figura 10 muestra la profundidad de las raíces cuando se fertiliza y cuando no se fertiliza.

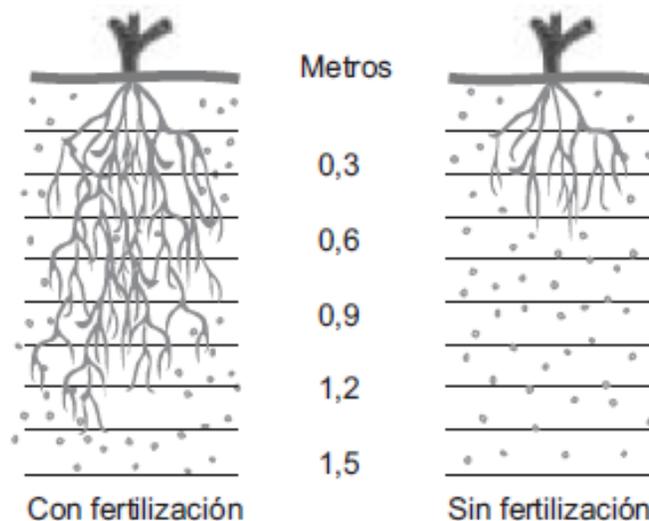


Figura 3. Profundidad de las raíces de las plantas con y sin fertilización. (García, 2012).

Calibración de los equipos de fertilización

Permite comprobar que estamos aplicando la dosis requerida en el cultivo, esta dosis esta determinada por el programa anual de fertilización del ingenio La Unión. La correcta calibración de las fertilizadoras proporciona la seguridad de mantener y verificar el buen funcionamiento de los equipos, garantiza la fiabilidad y trazabilidad de las medidas, también que los equipos responden a los requisitos establecidos en las normas de calidad (Pozzolo, 2006).

Variación de la dosis: Se marcan 100 metros lineales dentro del área del lote donde se esté fertilizando para recorrer el tractor. Se mide el tiempo uno (T1) de ida, luego se mide el tiempo dos (T2) del regreso, determinando con estos valores el tiempo promedio. Se coloca una bolsa plástica en la manguera de cada salida de la abonadora. Se realiza la descarga del fertilizante con el tiempo obtenido en el recorrido de los 100 metros. Para determinar el peso del fertilizante que se descargó en cada salida, se pesa el contenido en cada bolsa, la cantidad de gramos se expresa como decimales de kilogramos.

Determinar la dosis calculada: Se utiliza la formula (kg/ha programado / 10,000 m²) multiplicado por el área cubierta en la calibración y se divide dentro de 300 o 450 m² (área que abarcan los surcos, si es ferticultivadora son 300 m² y si es metalagro son 450 m²).

No. de salidas = kg de fertilizante por salida programado.

Calcular la variación (%): El peso real se resta con el peso calculado, luego la diferencia obtenida se divide dentro del dato del peso calculado y se multiplica por 100; la variación de cada salida no debe de ser mayor al +/- 10%.

Calcular kg/ha comparado con dosis programada: La dosis calculada total se multiplica por 10,000 m² y luego se divide dentro de 300 o 450 m² y la variación no debe de ser mayor a +/- 10%.

La distribución dispereja de fertilizantes puede reducir los rendimientos del cultivo, cuando un área del lote es sobre fertilizada y en otros es sub-fertilizada, el rendimiento total del cultivo puede ser inferior que si las dosis correctas de fertilizante fueran distribuidas uniformemente sobre todo el lote. Los efectos de la variabilidad en la distribución del fertilizante son mucho más notables en los lotes con suelos menos fértiles, ya que la respuesta a los fertilizantes aplicados es mayor (Pozzolo, 2006).

Control de malezas

El desarrollo del control y manejo de malezas ha tenido varias fases, iniciando con el uso intensivo de los herbicidas, seguida de la integración de secuencias de labores mecánicas y uso de herbicidas como segunda línea de defensa, rotación de moléculas de herbicidas, reducción de dosis y aplicación de moléculas menos contaminantes y control de malezas por medio del uso de agricultura de precisión, uso de abonos verdes y uso de variedades tolerantes a herbicidas (Espinoza, 2010).



Figura 4. Principales malezas (Ciperáceas y Gramíneas) en caña.

a) Coyolillo (*Cyperus rotundus*), b) Caminadora (*Rotboellia cochinchinensis*), c) Plumilla (*Leptocloa filiformis*), d) Pasto johnson (*Sorghum helepense*), e) Zacatón (*Panicum maximum*), f) Bermuda (*Cynodon dactylon*).

(El autor, 2013)

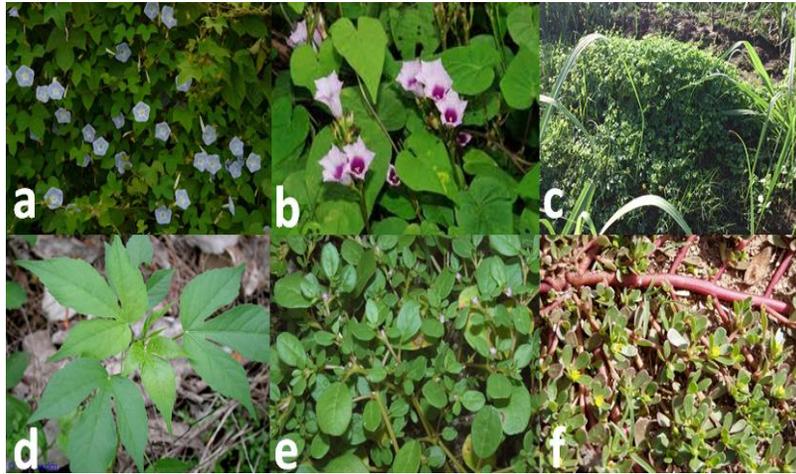


Figura 5. Principales malezas (Hoja ancha) en caña.

a) Campanilla (*Ipomoea nil*), b) Bejuco (*Ipomoea tribola*), c) Jaibilla (*Momordica charantia*), d) Papayita (*Croton lobatus*), e) Falsa verdolaga (*Trianthema portulacastrum*), f) Verdolaga (*Portulaca oleraceae*).

(El autor, 2013).

El período crítico de interferencia de las malezas en la producción de caña de azúcar se da en los primeros 120 días después del corte o de la siembra. Por ello, en la agroindustria azucarera se aplican herbicidas pre-emergentes y post-emergentes como base para el control de malezas, así mismo se combinan con controles mecánicos que ayudan en alguna manera al control de las mismas. Dentro de las malezas más importantes para la zona están: Coyolillo (*Cyperus rotundus*), es la maleza con mayor presencia en el cultivo y predomina en los suelos de textura franco a franco arenosa, la caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*) es la maleza que ocupa el segundo lugar en importancia y es una de las malezas más difíciles de controlar debido a su biología y su alta competencia con la caña y su rápido crecimiento (Espinoza, 2010).

Estas malezas causan una serie de complicaciones en el manejo del cultivo, las que se resumen en pérdidas de producción y gastos excesivos en su control, para ello es importante conocer las estrategias para la selección de los herbicidas, los cuales deben estar fundamentados en criterios técnicos relacionados con las variables ambientales, edafo-climáticas, prácticas culturales y las propiedades físico-químicas del herbicida seleccionado (Espinoza, 2010).

Las malezas presentes en la agroindustria azucarera no solo afectan en los primeros días de crecimiento del cultivo, sino que algunas como las de la familia Convolvulaceae (*Ipomea* y *Merremia*), por su tipo de crecimiento invaden los tallos de caña al final de su ciclo, y causan problemas al momento de la cosecha con pérdidas en la eficiencia en el corte del cultivo. En los últimos años se ha observado un difícil control de dos especies de malezas presentes en toda la zona cañera: *Momordica Charantia* y *Croton lobatus*, y que hasta el momento se desconoce si poseen algún tipo de tolerancia a ciertos herbicidas utilizados en Guatemala. Por último, existen algunas gramíneas difíciles de controlar debido a su sistema de reproducción como es el caso de *Sorghum halapense* y *Panicum maximun* (Espinoza, 2010). Las principales malezas del cultivo de la caña se muestran en el cuadro 4.

Cuadro 4. Principales malezas, según su orden de importancia en Guatemala.

| Maleza | Nombre técnico |
|---------------------|------------------------------------|
| Ciperáceas | |
| Coyolillo, coquito | <i>Cyperus rotundus</i> |
| Gramíneas | |
| Caminadora | <i>Rottboellia cochinchinensis</i> |
| Plumilla o pajilla | <i>Leptocloa filiformis</i> |
| Pasto Johnson | <i>Sorghum halepense</i> |
| Zacatón | <i>Panicum maximun</i> |
| Bermuda | <i>Cynodon dactylon</i> |
| Hojas anchas | |
| Bejuco peludo | <i>Merremia quinquefolia</i> |
| Campanilla | <i>Ipomoea nil</i> |
| Bejuco | <i>Ipomoea triloba</i> |
| Jaibilla | <i>Momordica charantia</i> |
| Papayita | <i>Croton lobatus</i> |
| Falsa verdolaga | <i>Trianthema portulacastrum</i> |
| Verdolaga | <i>Portulaca oleraceae</i> |

(Gómez, J.F. 1995).

El manejo y control de malezas en caña soca se realiza de 3 a 12 días después del corte, según la incidencia o cobertura de malezas en el área y la humedad del suelo. El segundo control debe hacerse normalmente 30 a 35 días después del corte, verificando siempre la humedad del suelo y cuando existe el umbral máximo de cobertura (15%). En áreas sin riego o con poca humedad en el suelo se deben de utilizar productos de alta solubilidad, la mezcla y la dosis de los herbicidas se harán en función de la incidencia y tipo de malezas y se buscará la mayor cantidad de días control (120 días) (García *et al.*, 2012).

En caña plantía el control de malezas se inicia 8 ó 10 días después de la siembra con la aplicación de herbicidas pre-emergentes después de un segundo riego, previamente se debe determinar la cobertura y definir la mezcla y dosis. La segunda aplicación de herbicidas (post-emergentes) se realiza después de la labor de fertilización, es importante definir el umbral máximo y tamaño de la maleza para calcular la mezcla y dosis que se aplicarán. Existen labores mecánicas intermedias que ayudan a lograr más días control, así mismo es importante tomar en cuenta que en áreas con alta infestación es necesario el arranque de maleza y/o parchoneo (aplicaciones dirigidas) en el lote (Espinoza, 2010). En Guatemala se utilizan dos métodos de control de malezas en el cultivo de caña de azúcar: a) control mecánico y b) control químico.

Tipos de control

Control mecánico: se refiere al paso de diferentes implementos como parte de las diferentes labores mecánicas que se realizan en el cultivo, entre las labores mecánicas está el paso de cultivadora (botado de mesa), cuyo objetivo es nivelar el surco o camellón entre las hileras de caña de azúcar en caña plantía. Esta labor se hace a los 40 a 45 días después de la siembra o corte, dando un control aproximado de 15 días, según condiciones de infestación; opcionalmente puede hacerse un segundo paso de cultivadora entre 55 a 65 días después del corte, logrando un manejo integral con el control químico. Se puede utilizar las cultivadoras de discos, subsolador, rastra lillingstone (Espinoza, 2010).

En caña soca el paso del ferticultivo será a los 45 días después del corte, es decir después de la aplicación pre-emergente de malezas, un segundo control mecánico se puede realizar con el cultivo a los 60 días después del corte (García *et al.*, 2012).

Control químico: consiste en la aplicación de herbicidas, este método es de amplio y fácil uso en el cultivo de caña de azúcar y con buenos resultados de control. Para lograr un periodo más amplio de días control se hace una combinación de los dos métodos indicados, la aplicación de herbicidas se puede hacer de tres maneras: a) mecanizada, b) manual y c) áreas (García *et al.*, 2012).

La aplicación mecanizada es la más utilizada en Guatemala, y consiste en la aplicación de herbicidas en pre-emergencia y post-emergencia por medio de tractores de 120 HP. Estos tractores están conformados por un tanque de depósito para la mezcla y un aguilón con boquillas por donde el herbicida es disparado. Este tipo de aplicaciones es generalmente para áreas planas con el fin de que sea más eficiente (Espinoza, 2012).

Las aplicaciones manuales se realizan donde no es posible el control de malezas de manera mecanizada por el desarrollo de la caña (de cierre) o en áreas de topografía irregular, también se realiza para controlar malezas en áreas específicas o pequeñas áreas infestadas en el lote (parchoneo).

Para este tipo de aplicaciones de herbicidas se utilizan bombas de mochila de presión constante, las cuales son más eficientes que las tradicionales, esta práctica es más costosa que la mecanizada por ello se debe analizar el uso en áreas que si lo ameriten (García *et al.*, 2012).

Por último la aplicación aérea se utiliza solamente para aplicaciones de herbicidas pre-emergentes en áreas planas, alejadas de otros cultivos por la deriva que pueda ocasionar. En Ingenio la Unión, S.A., se utilizan aplicaciones mecanizadas (aguilón) y manuales (bombas de mochila) (García *et al.*, 2012).

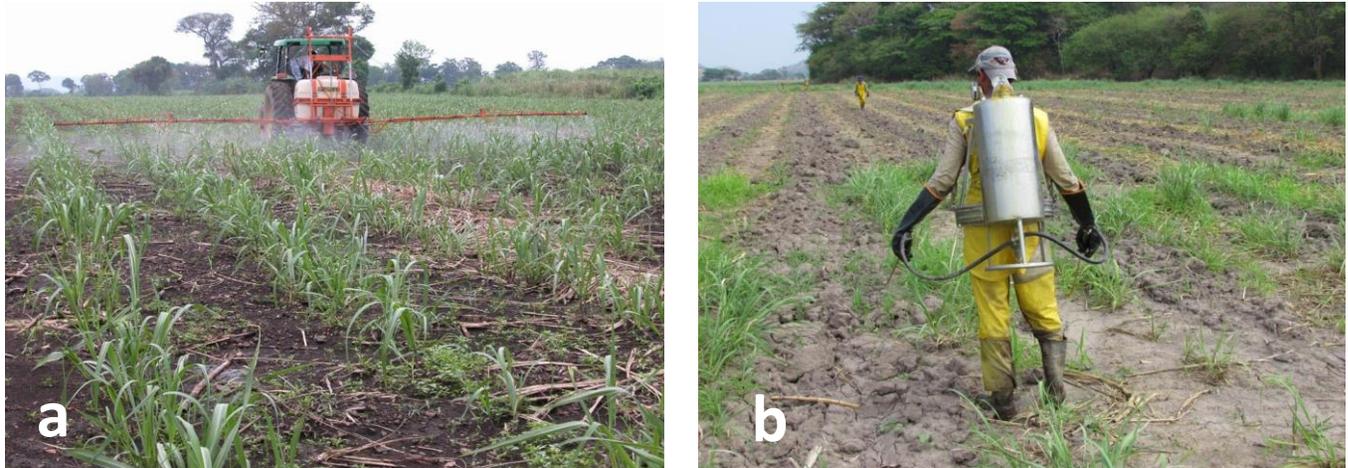


Figura 6. Equipos de aplicación de herbicida; a) Mecánico, b) Manual.
(El autor, 2013).

Calibración de los equipos de aplicación de herbicidas

Los equipos de aplicación de herbicida en Ingenio la Unión, S.A., son calibrados para que la labor sea eficiente. El objetivo de una calibración, es realizar los ajustes necesarios del equipo de aplicación para aplicar la dosis letal en el lugar o espacio adecuado y en cantidad suficiente para llevar a cabo su acción biológica. Para cumplir con ello, se toma en cuenta el tipo de maleza que se desea combatir, tipo de herbicida empleado de acuerdo a la topografía del terreno, desarrollo del cultivo, clima, etc.; por ejemplo, en la aplicación de herbicidas pre-emergentes, se busca formar una película uniforme sobre el terreno a manera de sello, por lo que es muy importante, el adecuado traslape entre las boquillas cuando se usa un aguilón, o bien entre una pasada y otra. El traslape incorrecto da como resultado franjas con deficiente cantidad de plaguicida o bien una sobredosificación del mismo, que en el caso de herbicidas se traducen en fallas en el control o fitotoxicidad al cultivo por exceso de producto (Anónimo, 1982).

En aplicaciones al follaje, frecuentemente el herbicida no se deposita adecuadamente sobre las hojas, ya sea porque las gotas no alcanzan a impactar sobre las superficies; impactan y rebotan; o bien, que por su tamaño resbalan. En los tres casos anteriores la aplicación es mala, ya que no se logra depositar una película uniforme de herbicida sobre la superficie de follaje tratada.

La selección de las boquillas para la aplicación de herbicidas es importante para lograr una mayor eficiencia, estas regulan la salida del flujo y a medida que se incrementa en ellas la presión aumenta el gasto. Existen diferentes tipos de boquilla en cuanto a material de fabricación, espectro de aspersión y gasto. Cada una fue diseñada para usos específicos. Las de cono hueco, forman nubes de pequeñas gotitas y son capaces de cubrir el haz y envés de las hojas; en general, se utilizan para aplicar insecticidas y fungicidas. Las de cono lleno, forman gotas de medianas a grandes y son utilizadas para tratar sitios específicos, por ejemplo insecticidas a la base de los tallos y cogollos de plantas, fungicidas a la raíz, y herbicidas sobre las hileras de los cultivos (Anónimo, 1982).

Las boquillas de abanico se usan comúnmente para aplicar herbicidas, las de abanico plano estándar con extremos decrecientes son usadas para aplicaciones totales, tanto al suelo como al follaje de las plantas. Siendo muy importante el traslape entre las boquillas, el cual debe ser de un 50%. Si las boquillas están colocadas a una distancia de 50 centímetros una de otra en el aguilón, cada boquilla deberá cubrir un ancho de banda de 75 cm. Si se asperja con mochila manual, y las hileras del cultivo están a una distancia de 80 cm, deberá levantarse la lanza para que el cubrimiento del abanico sea de 120 cm, procurando repartir el traslape, 20 cm a cada lado (Anónimo, 1982).

Las boquillas de abanico plano uniforme deben emplearse para hacer aplicaciones dirigidas entre las hileras del cultivo, de productos no selectivos; o bien, sobre la hilera de los cultivos cuando se va a realizar o ya se realizó una descarda; son señaladas con las mismas siglas que las boquillas de abanico plano estándar, sólo que traen además la letra "E" (even), que significa "uniforme", por ejemplo son muy comunes las boquilla 8003E, 9503E, 11004E, etc., los primeros números indican el ángulo del espectro de aspersión, y los dos últimos el gasto en galones por minuto, existen ángulos de aspersión de 40°, 65°, 80°, 95°, 110° y 150°. Los gastos van de 0.067, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, hasta 1.0 galón por minuto (Anónimo, 1982).

En las boquillas de abanico plano estándar, plano uniforme, fuera de centro y doble abanico, la señalización del gasto está dado a 40 libras por pulgada cuadrada. La boquilla 8002, indica que asperja un gasto de 0.2 galones por minuto, con un ángulo de 80°, cuando es operada a 40 PSI. Frecuentemente en los folletos de los fabricantes la presión viene indicada en “bares”, por lo que es necesario realizar las transformaciones pertinentes (1 bar = 14.5 PSI) (Anónimo, 1982).

Las boquillas de chorro "TK" floodjet, Turbofloodjet, asperjan con un ángulo aproximado de 150°, no son muy uniformes, pero sí muy útiles para efectuar aplicaciones con bandas anchas, de productos post-emergentes sistémicos o aplicados al suelo. Las boquillas de doble abanico, son usadas para aplicaciones post-emergentes cuando se tiene exceso de follaje y se quiere asegurar el máximo cubrimiento. Las de chorro "Turbojet" presentan ángulos de 110°, los extremos son decrecientes facilitando el traslape; producen gotas grandes y son útiles para reducir la deriva. Las "DGTEEJET" o de anti-deriva producen gotas grandes y se emplean con productos de alta volatilidad, existencia de viento o altas temperaturas. Las "Off Center" (OC) o fuera de centro, forman el abanico hacia uno de los lados, y son útiles para aplicar bandas de plaguicida sobre la base las plantas, sin pasar el centro de la boquilla por encima de ellas (Anónimo, 1982).

Las boquillas de cono hueco son utilizadas para aplicar insecticidas y funguicidas sobre follaje de plantas. Con este tipo se tiene penetración del plaguicida al interior del follaje, ya que un mismo punto puede ser alcanzado bajo diferentes direcciones, a diferencia de las de abanico que sólo presenta una dirección. Las boquillas “C” de cono hueco estándar o cono ajustable, son las más comunes en las aspersoras manuales, existentes en el mercado, con ellas se puede asperjar desde chorros de gotas muy grandes y volúmenes altos, hasta espectros tipo nube de gotas pequeñas sobre el follaje de plantas, con volúmenes bajos (Anónimo, 1982).

Es importante conocer si el producto es de contacto o de acción sistémica; en el primer caso, se debe lograr suficiente cubrimiento de las plantas, se recomiendan 50 gotas/cm², de no ser así, la acción del herbicida será deficiente. Para productos sistémicos basta que sobre cada planta se deposite suficiente herbicida, para que éste se mueva y llegue hasta el sitio de acción. La presión de salida del producto es importante mantenerla en el rango de 30 – 35 PSI para equipos manuales y 20 – 40 PSI para equipos mecánicos (Anónimo, 1982).

La pre-calibración consiste en revisar que el equipo trabaje adecuadamente, que suministre suficiente presión y flujo, y que no tenga fugas ni taponaduras en mangueras o boquillas; que se pueda avanzar por el cultivo a una velocidad normal de trabajo y que el producto quede colocado con buena cobertura en el lugar donde se desea. Para lo anterior, las boquillas deben ser las adecuadas y estar bien colocadas sobre el aguilón, revisar el gasto por boquilla, ángulo de aspersion, ángulo respecto al aguilón, distancia entre boquillas, altura del aguilón, etc.

El ajuste del equipo implica prueba y cambio de accesorios de aplicación, variación de velocidades de avance y presiones de trabajo, chequeo y ajustes de coberturas hasta que se esté asperjando a entera satisfacción (Anónimo, 1982).

Para la calibración del aguilón se deben tomar en cuentas los siguientes aspectos (Anónimo, 1982):

- Revisión del equipo: Se verifica que el equipo se encuentre completo, en buen estado y bien montado sobre tractor; debe disponer de las siguientes partes: depósito con tapa amplia y cedazo de llenado, manguera de succión, filtro, bomba, manguera para alta presión, válvula de siete pasos, regulador de presión, manómetro, mangueras de distribución, aguilón, cuerpos de boquillas y boquillas. Poner suficiente agua en el depósito, al menos la requerida para operar con todas boquillas durante 10 minutos. Estacionar el equipo en el terreno donde se va a efectuar la aplicación y revisar su funcionamiento. La bomba del equipo debe estar bien instalada y trabajar adecuadamente, sin excesiva vibración ni ruidos anormales.

- Posición del aguilón y sus boquillas: Todas las boquillas deben de estar a la misma distancia una de otra en el aguilón, ser del mismo gasto y ángulo de aspersión; y estar con la misma dirección respecto al aguilón, aproximadamente con un ángulo de 10° respecto de éste. No deben de existir fugas de agua, ni chocar entre si la aspersión de las boquillas, tampoco deben impactarse las gotas con piezas del mismo equipo. El aguilón debe quedar horizontal a la superficie del terreno, para ello las boquillas deberán de estar a la misma altura sobre el suelo. Primero se nivela la sección central del aguilón ajustando los brazos del enganche, y enseguida se mide la altura en la parte central. Posteriormente se mide la altura en los extremos del aguilón, y su altura se ajusta por medio de los tirantes.
- Ajuste de presión y gasto de boquillas: Se pone a funcionar la bomba y se asperja con todo el aguilón a la presión deseada. Se revisa la aspersión de cada una de las boquillas, las boquillas tapadas se destapan y limpian los filtros, las boquillas dañadas se cambian. Con el auxilio de un cronómetro, un recipiente y una probeta, se mide el gasto de cada una de las boquillas. Luego se calcula la media de todas, si alguna presenta una variación de un 10% respecto de la media; deberá revisarse: puede estar tapada, dañada o ser de diferente gasto. En los dos últimos casos deberá cambiarse.
- Altura del aguilón: El siguiente paso es determinar la altura del aguilón a la que debe trabajar el equipo de aspersión sin que provoque franjeados. Aproximadamente una tercera parte del ancho total que cubre una boquilla es para traslape. Por ejemplo, si las boquillas están a 50 cm una de otra, la altura mínima sobre suelo deberá ser aquella con la cual se cubren 75 cm con cada boquilla. Cuando no existe riesgo de deriva de la aspersión, se recomienda efectuar aspersiones con doble o triple cubrimiento, ajustando el aguilón a la altura requerida. Una vez determinada la altura, deberá operarse el equipo, y revisar si se está logrando un cubrimiento uniforme sobre el terreno; no deben de existir franjas o zonas con mayor o menor concentración de gotas, si esto es así, deber corregirse el problema (altura).

- Velocidad de marcha: Se determinará la posición en la caja de velocidades, a la que puede ser operado el tractor, asperjando el equipo con las mismas revoluciones por minuto del motor a las que fue ajustado el manómetro del equipo de aspersión durante la medición del gasto de las boquillas.
- Volumen de aplicación: Existen varias formas de calcular el volumen por hectárea de cualquier equipo, una de ellas, consiste en medir el gasto que se tiene al asperjar sobre una pequeña superficie y luego extrapolarlo a toda la hectárea; su desventaja estriba, en que es difícil efectuar los ajustes del equipo para que se asperje una cantidad predeterminada (ensayo y error). Los pasos a seguir pueden ser los siguientes:
 - a. Llenar el tanque con agua.
 - b. Ajustar la presión del equipo dentro del rango recomendado para las boquillas empleadas.
 - c. Seleccionar una velocidad de marcha que pueda ser mantenida fácilmente de acuerdo a las condiciones del terreno.
 - d. Asperjar sobre una superficie conocida.
 - e. Determinar el volumen de agua utilizado.
 - f. Calcular la tasa de aplicación (L/ha).

Otra forma, consiste en cuantificar las variables que determinan el volumen por hectárea (volumen por boquilla, velocidad de aplicación y ancho de franja tratada) y calcular matemáticamente los ajustes que tengan que ser efectuados sin recurrir al método de ensayo y error. Con las ecuaciones siguientes se determina el volumen por hectárea:

$$\text{Vol. aplicación (L/ha) = } \frac{\text{Descarga (L/min) X 60000}}{\text{Velocidad (km/h) X ancho de banda (cm)}}$$

Para medir el volumen por minuto de una boquilla o de todo el aguilón, en una probeta graduada se recoge el gasto en el tiempo estimado (60 seg), y se determina el volumen por minuto. Si alguna boquilla del aguilón presenta un volumen mayor o menor a un 10% de la media de todas las boquillas, deberá revisarse puede estar deteriorada o tapada.

Para calcular la velocidad de marcha, simplemente se asperja sobre el terreno y se mide el tiempo que tarda en recorrer una distancia conocida (50, 100 o 200 metros). No debe confiarse en lo que marca el tacómetro, debe determinarse midiendo distancia y tiempo. Una vez que se esté asperjando el plaguicida debe revisarse esta variable, ya que normalmente se desajusta y causa imprecisión pues varía por cambios en la caja de velocidades, aceleración, condiciones del terreno, tipo de llantas, etc. (Anónimo, 1982)

Para la calibración de las bombas de mochila se deben tomar en cuentas los siguientes aspectos (Anónimo, 1982):

- Revisión del equipo: Se debe revisar que el equipo se encuentre completo, en buen estado, revisar la presión de arriba y las salidas de las boquillas, debe tener 35 PSI arriba y 20 PSI en cada una de las boquillas, también no debe tener fugas en los empaques en las boquillas y descargarle el aire que pueda tener para que a la hora de descargar el herbicida no sea solo aire lo que descargue.
- Velocidad de marcha: se efectúa en el área donde se aplique y cada persona debe realizar una marcha en una distancia determinada (50 m) y luego se determina el promedio de todos para obtener la velocidad (km/h).
- Volumen por hectárea: se obtiene de igual forma que en el aguilón solo que con un pequeño cambio en la formula, se cambia el ancho de banda por el distanciamiento entre surcos.

$$\text{Vol. aplicación (L/ha) = } \frac{\text{Descarga (L/min) X 60000}}{\text{Velocidad (km/h) X ancho de surco (cm)}}$$

Se calibra la bomba de mochila para conocer el volumen de agua necesario al realizar las aplicaciones en todo el campo, el agua es el medio en el que se preparará la mezcla y permite la distribución uniforme del producto. La ventaja de calibrar es que permite utilizar el volumen adecuado de agua y se aplicará el producto en forma homogénea en todo el campo, además se podrá utilizar la cantidad exacta del producto.

2.2 Localización

Las prácticas se realizaron en el Ingenio La Unión S.A., km 101.5 Finca Belén, carretera al Cerro Colorado, Santa Lucía Cotzumalguapa. Coordenadas geográficas; Latitud Norte 14° 16' 13.00" y Longitud Oeste 91° 05' 54.03", y una altitud de 280 msnm (Cruz, 2013).

El área ocupada por las instalaciones del Ingenio es de 3.42 hectáreas, tiene como colindancias al norte la finca Cañaverales del Sur, al noroeste colinda con las fincas Santa Isabel y San Felipe, al este las fincas San Ignacio, El Brillante, caserío Las Morenas, y el río Petayá. Al sur colinda con las fincas Tesalia y Venecia, al oeste con la finca Limones y el río Cristóbal (Cruz, 2013).

El clima de la región es cálido, registrándose temperaturas de 14.2 ° C (Min.), y 36.7 ° C (Máx.). Se observa una precipitación pluvial abundante durante los meses de mayo a octubre, mientras que en los meses de noviembre a abril se considera una época seca, la precipitación pluvial promedio es de 3,085 mm, aunque hay lluvias esporádicas; la humedad se encuentra en el 80%, pero se hace notar que es una región donde llueve mucho, principalmente en época de invierno y espontáneamente en época de verano (Cruz, 2013)

2.3 Descripción de la actividad de la empresa

Ingenio La Unión S.A. es una empresa dedicada a la transformación de materia vegetal en productos de consumo humano, para esto utiliza como materia prima la caña de azúcar, iniciando el establecimiento del cultivo y cosecha, pasando por un proceso de transformación con la extracción de jugo hasta la cristalización. El proceso de fabricación está diseñado para utilizar de una manera óptima todos los recursos disponibles, es por ello que se utilizan los residuos de la caña molida, el bagazo como combustible en las calderas para la obtención de vapor, el cual es utilizado principalmente para la generación de energía eléctrica por medio de turbogeneradores, ésta energía hace autosuficiente a la fábrica para el funcionamiento de los equipos del proceso y el excedente para su venta a la red nacional (Grande, 2006).

2.3.1 Producción de azúcar

Ingenio La unión S.A. tiene una producción de caña de aproximado 2,119,909.00 toneladas en el año 2011 y 2,225,632.36 toneladas para el año 2012. De esta producción la empresa fabrica diferentes tipos de azúcar, con su respectivo envasado: azúcar crudo mundial (granel), azúcar blanco estándar con vitamina y sin vitamina (50 kg), azúcar crudo especial (jumbo, 50 kg), azúcar blanco cristal o superior (Jumbo, 50 kg). El jumbo tiene una capacidad de envasado de 22 toneladas promedio (Barrientos, 2006).

Los procesos de producción de edulcorantes se realizan a través del Sistema de Gestión de Calidad, bajo la norma ISO 9001:2000 fueron certificados por ANAB (ANSI-ASQ National Accreditation Board) de Estados Unidos y auditados por SGS.

Las operaciones se desarrollan por medio de tres procesos operativos principales (Cruz, 2013).

- **Agrícola:** Comprende desde la preparación de la tierra y siembra de la caña hasta la entrega de la misma en la fábrica. Para lograr cubrir este proceso es necesario realizar labores tales como: preparación de suelos, siembra, fertilización, riego, control de malezas, control de plagas, aplicación de madurantes, corte, alce y transporte de la caña. Actividades que se manejan dentro de un paquete tecnológico bien planificado, con el cual se cuenta en la empresa.
- **Industrial:** Empieza por la recepción de la caña y continúa con la preparación de la misma, siguiendo con la extracción de jugos, su tratamiento, evaporación, cristalización, centrifugado, secado y finalizando con el empaque.
- **Comercial:** Inicia con la negociación de contratos con clientes, continúa con la recepción y el almacenaje del azúcar en bodegas, y el transporte y traslado hacia los centros de distribución y consumo.

Los procesos principales son apoyados por otros procesos que incluyen: Recursos Humanos, Administración y Finanzas, Gestión de la Calidad, aprovisionamiento, compras y suministros, tesorería y presupuestos.

2.3.2 Generación de energía eléctrica

Debido al déficit energético en el país, el gobierno de Guatemala suscribió contratos con la iniciativa privada para que pudieran producir de manera independiente energía eléctrica, para poder suministrarla a la red nacional, dicha oportunidad de negocio llevó a los Ingenios a suscribir contratos con el gobierno para poder participar, debido a la ventaja de producción que tienen los ingenios con respecto a otros productores de energía eléctrica (Barrientos, 2006).

La Unión S.A. montó una planta térmica de 26 MW, la cual puede quemar simultáneamente dos combustibles a la vez: bagazo y fuel oil No. 6, además el proyecto contempla también vender el excedente que producen los turbogeneradores destinados a la fabricación de azúcar (Barrientos, 2006).

La planta de generación consta de un sistema caldera - turbogenerador condensing – torre de enfriamiento – auxiliares, la cual trabaja independientemente del Ingenio. La caldera tiene la capacidad de quemar fuel oil No. 6 al 20% y Bagazo al 80 %, con una eficiencia de 39.6 Kw / t. La planta con capacidad nominal de 26 MW. Con vapor a 850 Psig, y 900 °F, 13.8 Kv. 3 fases. Para suministrar la demanda de la fábrica se cuenta con 4 turbogeneradores de escape, los cuales generan energía eléctrica y vapor para el proceso, el vapor se produce con 5 calderas de tipo acuotubular, que únicamente queman bagazo, cuyas producciones y presiones están de acuerdo a las necesidades de consumo, tanto para la generación como para el proceso (Barrientos, 2006).

2.3.3 Organigrama de la empresa

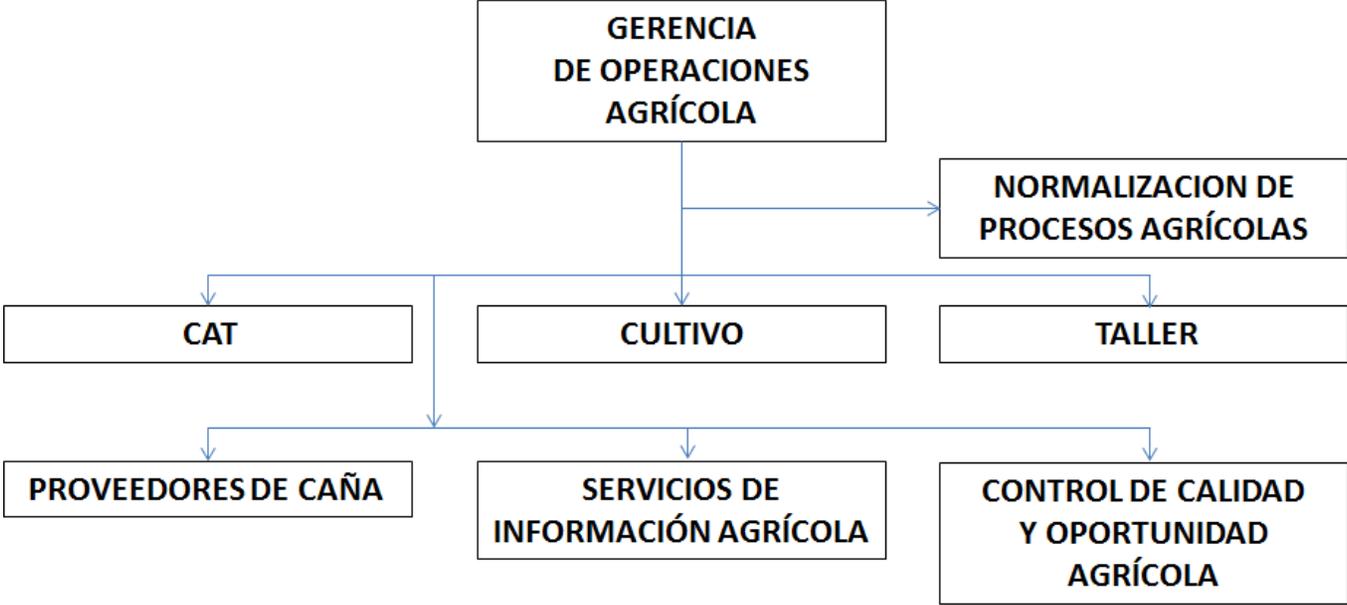


Figura 7. Organigrama del área agrícola de Ingenio La Unión, S.A. (Cruz, 2013).

III. OBJETIVOS

3.1 General

Evaluar las actividades de fertilización y aplicación de herbicidas en equipo manual y mecánico en el cultivo de la caña de azúcar, de acuerdo a parámetros de calidad establecidos.

3.2 Específicos

- Evaluar variación de dosis teórica/dosis real de fertilización, de acuerdo a parámetros de calidad establecidos.
- Evaluar variación de descarga entre salidas de fertilizante, de acuerdo a parámetros de calidad establecidos.
- Evaluar el caudal de descarga en la aplicación de herbicidas con equipo manual y mecánico, de acuerdo a parámetros de calidad establecidos
- Evaluar la presencia de maleza de acuerdo a parámetros de calidad establecidos.

IV. PLAN DE TRABAJO

4.1 Descripción del área de trabajo específica

4.1.1 Funciones del Departamento de Control de Calidad y Oportunidad Agrícola (CCOA)

El Departamento fue creado en el año 2010 y sus funciones son supervisar y controlar la calidad de las labores del área agrícola (Cultivo, CAT y Taller) que se desarrollan en El Ingenio la Unión, a través de las evaluaciones de las actividades que impactan directamente en la conformidad del producto (caña de azúcar), buscando incrementar su producción.

4.2 Programa desarrollado

4.2.1 Calibración de la fertilización mecánica

Metodología

Se seleccionó la finca y lote según programa de fertilización. Una vez en el campo, se revisó que el producto programado se esté aplicando.

Variación de la dosis

Se marcaron 100 metros lineales dentro del área del lote donde se fertilizo para recorrer el tractor. Se midió el tiempo uno (T1) de ida, luego se midió el tiempo dos (T2) del regreso, determinando con estos valores el tiempo promedio. Se colocó una bolsa plástica en la manguera de cada salida de la abonadora. Se realizó la descarga del fertilizante con el tiempo obtenido en el recorrido de los 100 metros. Para determinar el peso del fertilizante que se descargó en cada salida, se pesó el contenido en cada bolsa, la cantidad de gramos se expresa como decimales de kilogramos.

Determinar la dosis calculada

Se utilizó la fórmula (kg/ha programado / 10,000 m²) multiplicado por el área cubierta en la calibración y se dividió dentro de 300 o 450 m² (área que abarcan los surcos, si es ferticultivadora son 300 m² y si es metalagro son 450 m²).

No. de salidas = kg de fertilizante por salida programado.

Calcular la variación (%)

El peso real se resta con el peso calculado, luego la diferencia obtenida se divide dentro del dato del peso calculado y se multiplica por 100; la variación de cada salida no debe de ser mayor al +/- 10%.

Calcular kg/ha comparado con dosis programada.

La dosis calculada total se multiplica por 10,000 m² y luego se divide dentro de 300 o 450 m² y la variación no debe de ser mayor a +/- 10%.

Distancia de la banda al borde del surco

De los surcos fertilizados se selecciona uno. Con una cinta métrica se mide la distancia entre la aplicación del producto y el borde del surco, la distancia debe de ser 15 a 20 cm.

4.2.2 Evaluación Presencia de malezas

Metodología

Se ubicó en el plano de la finca el lote evaluado y se dividió en cinco cuadrantes. En los cuadrantes de los extremos del lote se contó el número de surcos indicado por la jefatura del departamento de CCOA, luego con la cinta métrica se midió sobre el surco indicado la cantidad de metros equivalentes al número total de surcos contados, desde el inicio del surco hacia adentro del lote, el muestreo del cuadrante del centro se realizó al azar. Para establecer el área de muestreo, con la cinta métrica se midió 10 metros lineales sobre el surco establecido. El área de muestreo fue de 90 m² o 6 surcos por 10 m de largo, se verifico que no exista maleza mayor a 20 cm de altura.

4.2.3 Evaluación de la precisión de calibración de la asperjadora de uso manual en la aplicación de herbicida.

Metodología

Se revisó la carga inicial de aire de todas las mochilas (35PSI). Se midieron 50 metros en el área donde se realizaron las aplicaciones (no en pistas ni en el casco) esto es importante para tener un dato cercano a la realidad. Se tomó 3 veces el tiempo en el cual el grupo e individualmente las personas recorrieron la distancia de 50 m, calcular el promedio. Con estos dos pasos se obtuvo los datos para poder determinar la velocidad en m/s para posteriormente pasarlo a km/h con la siguiente fórmula:

$$\text{Velocidad (km/h)} = \frac{\text{Distancia (m)}}{\text{Tiempo (s)}} \times \frac{3600(\text{s})}{1 \text{ h}} \times \frac{1 \text{ km}}{1000 (\text{m})}$$

La descarga en equipos de aplicación de mochila fue de 165 a 215 L /ha.

El volumen (L/min) se obtuvo del promedio de todas las descargas de las mochilas. El resultado de este cálculo se utilizó para encontrar la dosificación del producto así como el rendimiento de L/ha.

Con el dato que se obtuvo de la fórmula de Volumen (L/min), se ajustó la descarga midiendo en recipientes durante 1 minuto, ajustando la presión del equipo (todas las bombas deben de tener la misma presión), tomando en cuenta de no salir los siguientes rangos para boquillas TF 2.0 y TO 1.5 de 15 a 45 PSI, para las boquillas AI8002 30 a 115 PSI.

Todo esto se apuntó para establecer la cantidad exacta de L/ha que se utilizaron. Después se verificó la descarga de todas las mochilas con la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen (L/ ha)} = \frac{\text{L/min} \times 60,000}{\text{km/h} \times W}$$

Donde:

L/ha: Lo que se requiere que el equipo descargue es 165-215 L /ha.

Km/h: La velocidad que se logrará con la medición en campo.

W: Distancia entre boquillas (en cm), en este caso distancia de siembra.

60000:

4.2.4 Evaluación de la precisión de calibración de la asperjadora mecanizada en la aplicación de herbicida.

Metodología

Se midió 50 m en el área donde se realizaron las aplicaciones (no en pistas ni en el casco). Se tomó 3 veces el tiempo en el cual el tractor con el aguilón hace el recorrido de los 50 m. calcular el promedio. Con estos dos pasos se obtuvieron dos datos para poder determinar la velocidad en m/seg y posteriormente pasarlo a km/h utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Velocidad (km/h)} = \frac{\text{Distancia (m)}}{\text{Tiempo (s)}} \times \frac{3600(\text{s})}{1 \text{ h}} \times \frac{1 \text{ km}}{1000 (\text{m})}$$

La descarga que se quiere lograr en L/ha, para equipos mecanizados se recomienda 150 a 200 L/ha para poder obtener buena eficiencia de aplicación que va de 13.33-10.0 ha/tanque para el equipo de 2000 litros, 5.33-4.0 ha/tanque para equipo de 800 litros.

El volumen (L/min) se obtuvo del promedio de todas las descargas del equipo. El resultado de este cálculo se utilizó para encontrar la dosificación del producto así como el rendimiento de L/ha.

Con el dato que se obtuvo de la fórmula de volumen (L/min), se toma la descarga en un minuto en todas las boquillas, ajustando la presión del equipo, tomando en cuenta de no salir los siguientes rangos para boquillas TF 2.0 y TO 1.5 de 15 a 45 PSI, para las boquillas AI8002 30 a 115 PSI. Tomar el dato de la descarga de cada boquilla.

Se tomaron las descargas en litros de cada boquilla para determinar si los L/ha que se utilizaron en la fórmula son los que nos dan en la realidad o están aproximados para lo cual se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen (L/ ha)} = \frac{\text{L/min} \times 60,000}{\text{km/h} \times W}$$

Donde:

L/ha: Lo que se requiere que el equipo descargue es 150 - 200 L/ha.

km/h: la velocidad que se logrará con la medición en campo.

W: Distancia entre boquillas en cm.

60000:

4.3 Cronograma de actividades

Las practicas se realizaron a partir del mes de Julio a Octubre del 2012, equivalente a 16 semanas.

| Año 2,012 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|---|---|---|--------|---|---|---|------------|----|----|----|---------|----|----|----|
| ACTIVIDAD AGRÍCOLA | Julio | | | | Agosto | | | | Septiembre | | | | Octubre | | | |
| | SEMANA | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| Calibración de fertilizadoras | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | | | | | |
| Calibración de equipos de aplicación | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | | | | |
| Presencia de malezas | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | |

(El autor, 2013)

4.4 Variables de estudio

4.4.1 % de variación de dosis teórica/dosis real en la fertilización

Al momento de la calibración se pidió el programa de fertilización para verificar la dosis teórica, se realizó la calibración y se determinó la dosis real. Para luego calcular el porcentaje de variación ($\pm 10\%$).

4.4.2 % de variación de descarga entre salidas en la fertilización

Se realizó la calibración por salida de descarga verificando que el porcentaje de variación este dentro del indicador de calidad ($\pm 10\%$).

4.4.3 % de variación de volumen de descarga de herbicida en equipo mecánico y manual

Al momento de la calibración se revisó que los equipos tenga la presión de descarga optima (30 - 35 psi en equipo manual y 20 - 40 psi en equipo mecánico), se realizó la descarga del volumen de aplicación de los equipo durante un minuto, posteriormente se efectuó la medición del volumen y se calculó los litros/hectárea aplicados para luego obtener el porcentaje de variación según los indicadores de calidad (aguilón 150-200 L/ha y mochila 165-215 L/ha).

4.4.4 % conformidad en presencia de maleza

Se realizaron muestreos en los lotes para determinar la presencia severa de las malezas a los 30, 60, 90 y 120 días después del corte en caña soca y 45, 75 y 120 en renovaciones o plantías. Los muestreos fueron semi-cuantitativo, esto quiere decir que no hay conteo de plantas malezas sino se realizó una evaluación visual de la presencia de la maleza en los 90 m² y se determinó si es conforme o no conforme la evaluación.

4.4. Metas propuestas

- Alcanzar el 96% de conformidad del indicador de (%) de dosis teórica/dosis real en la fertilización.
- Alcanzar el 96% de conformidad del indicador de (%) de variación de descarga entre salidas en la fertilización.
- Alcanzar el 96% de conformidad del indicador de (%) de caudal en litros por hectárea para equipos mecánicos y manuales de aplicación de herbicidas.
- Alcanzar el 96% de conformidad en los muestreos de presencia de maleza.

V. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 Conformidad general de las calibraciones de los equipos de fertilización y aplicación de herbicidas

El semáforo de la calidad nos demuestra que hay indicadores que no cumplen con los parámetros de calidad y que son opción de mejora como se muestra en el cuadro 5 y la figura 8, en el caso de la aplicación de herbicida manual las causas de las no conformidades fueron por desperfectos en los equipos manuales (bombas de aplicación), éstas presentaban fugas de empaques, boquillas en mal estado, y otras en menor proporción por mala operación del personal al momento de la calibración.

Para el indicador de presencia de malezas las causas de las no conformidades se originaron por no aplicar en el momento oportuno, mala aplicación por parte del personal, o el equipo en malas condiciones (boquillas dañadas o tapadas, presión en los equipos de aplicación).

Las oportunidades de mejora se enfocan en la revisión y supervisión de los equipos de aplicación (boquillas), capacitaciones a los aplicadores, constantes supervisiones al momento de las aplicaciones.

Cuadro 5. Indicadores de calidad con el porcentaje (%) de conformidad de cada actividad agrícola.

| PROCESO | INDICADOR | TOTAL EVALUACIONES | CONFORME | NO CONFORME | % CONFORMIDAD |
|---------------|----------------------|--------------------|----------|-------------|---------------|
| Fertilización | % Var. entre Dosis | 109 | 106 | 3 | 97.25% |
| | % Var. entre salidas | 109 | 108 | 1 | 99.08% |
| Herbicidas | % Var. Mecanico | 62 | 60 | 2 | 96.77% |
| | % Var. Manual | 116 | 102 | 14 | 87.93% |
| | % de Malezas | 1,123 | 1070 | 53 | 95.28% |

(El autor, 2013).

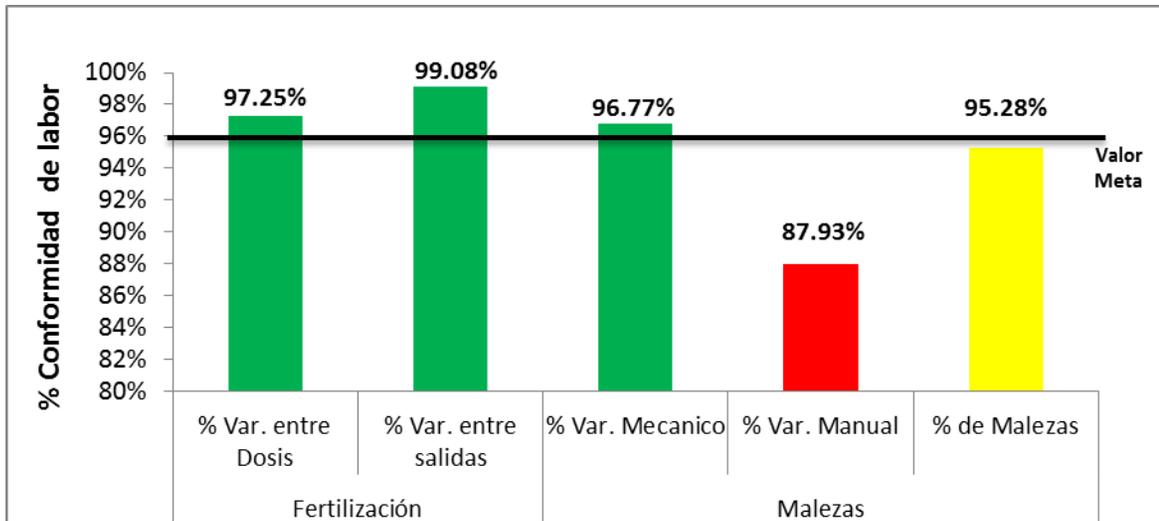


Figura 8. Semáforo de la calidad con el porcentaje (%) de conformidad por indicador de cada actividad agrícola.

(El autor, 2013).

5.2 Conformidad en las calibraciones de fertilización

5.2.1 % de variación de dosis teórica/dosis real en la fertilización

Para el parámetro de conformidad del % de variación de la dosis teórica/dosis real se encontró que la mayor parte de las fincas están cumpliendo satisfactoriamente con este indicador, a excepción de la finca Tehuantepec que está muy por debajo del porcentaje de conformidad, esto quiere decir que no están cumpliendo con la dosificación que se debe de incorporar a los cañales.

Las causas de las no conformidades fueron por desperfectos en los tornillos sinfines que son los que mueven el fertilizante de la tolva hacia la salida de las mangueras, estos muchas veces están desgastados, también se encontró que dentro de los sinfines había objetos que obstaculizaban el trabajo del sinfín correctamente, otras veces el fertilizante se encuentra en mal estado (húmedo) y con mucha presencia de terrones esto a su vez también obstaculizaba la libre función del tornillo sinfín y al momento de la descarga, esta no fue uniforme.

Como oportunidad de mejora se debe realizar una pre-calibración del equipo y si este no descarga la dosis que se requiere, se recomienda detener el equipo y la actividad para pedir soporte técnico al departamento de taller, esto con la finalidad de no encontrar a los equipos fertilizando fuera del parámetro de calidad como sucedió en varias oportunidades. La figura 9 demuestra el comportamiento y el porcentaje de cumplimiento por fincas.

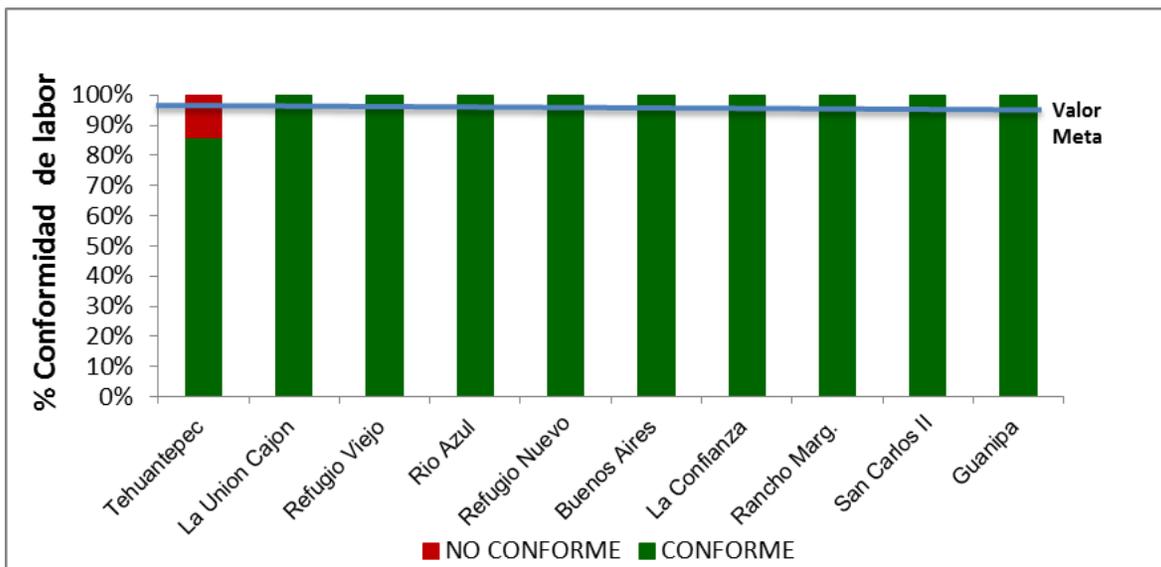


Figura 9. Porcentaje (%) conformidad de la labor de Fertilización, sobre la variación en la descarga total a aplicar.

(El autor, 2013).

5.2.2 % de variación de descarga entre salidas en la fertilización

La finca Tehuantepec presenta algunas evaluaciones no conformes según los parámetros de calidad para la descarga entre salidas, esto indica que se debe ajustar el mecanismo de descarga. Las causas de las variables descargas atribuyen a los tornillos sinfines en mal estado, desgastados o con objetos que impiden el funcionamiento correcto.

Como oportunidad de mejora se recomienda revisar siempre los sinfines, para que ahí no se presente algún objeto que impida su funcionamiento, también hacer pre-calibraciones previo a iniciar la actividad para ver la uniformidad de las descargas, si el fertilizante presenta terrones seleccionar y apartar todos aquellos quintales de fertilizante que estén en mal estado y notificar, esto con la finalidad de no obtener un servicio no conforme cuando el Departamento de CCOA se presente a realizar las calibraciones de los equipos de fertilización.

El cuadro y la figura 10 muestran el porcentaje (%) de conformidad por salida de cada finca supervisada, y solo Tehuantepec está por debajo del 96% del indicador pero presenta oportunidades de mejora y si está dentro de la conformidad.

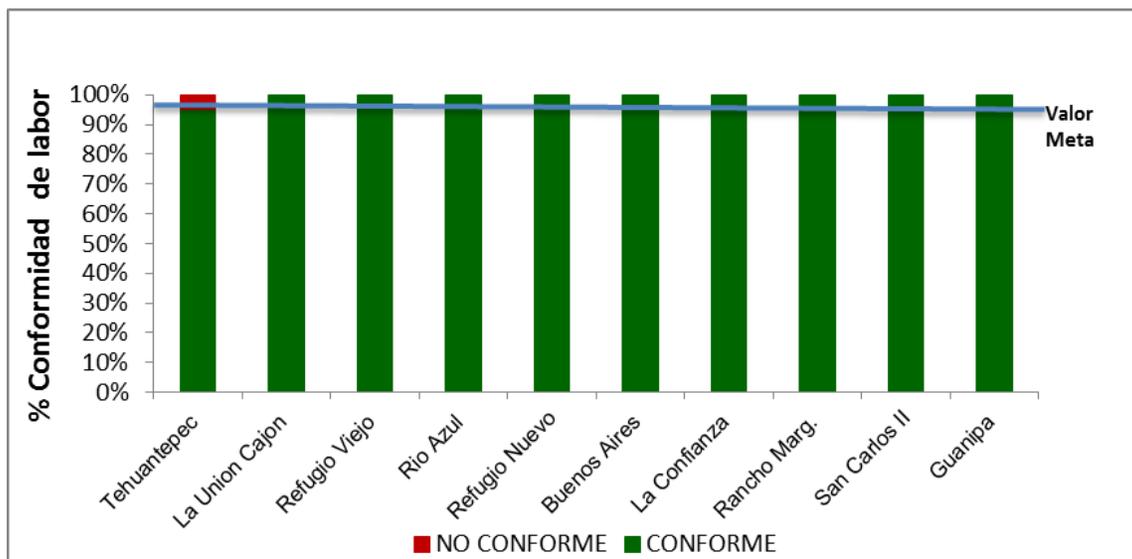


Figura 10. Porcentaje (%) conformidad de la labor de Fertilización, sobre la variación de descarga entre salidas.

(El autor, 2013).

La figura 11 nos muestra el comportamiento y la variación individual de descarga por salida, y vemos que la salida número uno es la que más variabilidad ha tenido en todas las calibraciones realizadas e incluso estando fuera del % variación ($\pm 10\%$).

5.3.2 % de variación de volumen de descarga de herbicida en equipo manual

La figura 14 nos muestra que existen muchas no conformidades en el indicador de descarga en litros por hectárea en los equipos manuales de aplicación de herbicidas, de las once finca supervisadas siete presentan no conformidad en este parámetro, esto refleja un 36.36 % de conformidad para el total de fincas. Estos resultados son el reflejo de la mala operación al momento de la aplicación, equipos en mal estado (boquillas dañadas y desgastadas), presión de descarga por debajo de lo permitido (35 psi), también se observó la poca importancia que se le da a las calibraciones de estos equipos, pues no se realizan pre-calibraciones; solo se verifican las presiones pero también es importante verificar las descargas, la velocidad con que los aplicadores efectúan la de descarga en los lotes programados.

Otro aspecto importante es la capacitación al personal de aplicaciones, la importancia de efectuar bien la labor, el que tiene que revisar su equipo, y notificar algún desperfecto que logren observar inmediatamente. Es sumamente importante rectificar los aspecto que presenten algún inconveniente para lograr la conformidad de estos, debido a que son muchas las fincas que presentan inconformidad se debe de corregir inmediatamente este indicador.

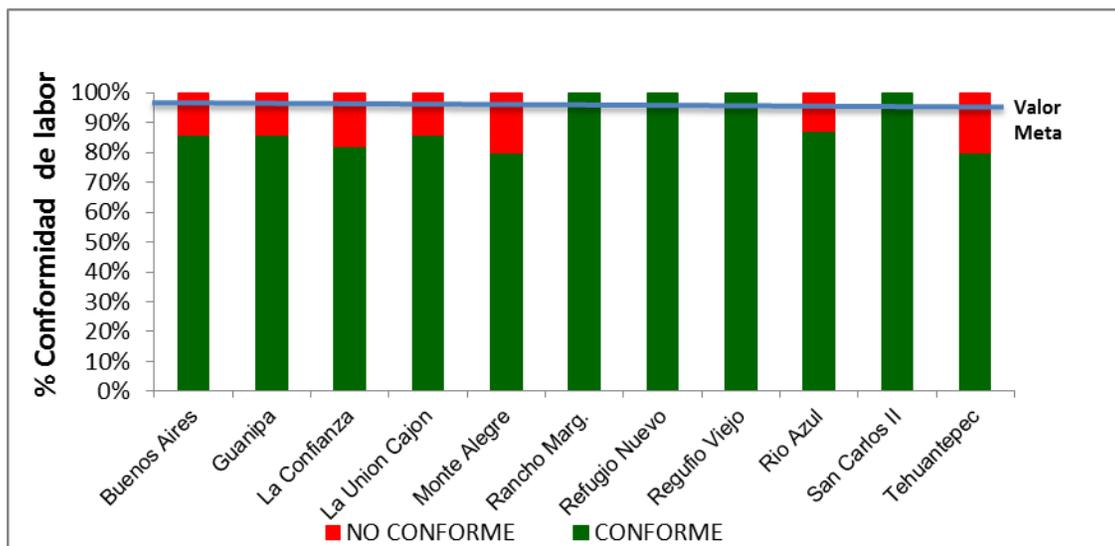


Figura14. Porcentaje (%) conformidad de la labor de aplicación de herbicida manual (L/Ha).

5.4 Conformidad en la presencia de malezas

En el indicador de presencia de maleza en caña soca se encontró que hay no conformidades en las fincas Unión Cajón, Refugio Nuevo y Refugio Viejo, esto indica que no se aplicó en el momento oportuno, o se realizó una mala aplicación.

También hay fincas que están conformes pero tiene opción de mejora como lo son Rancho Margarita, Rio Azul y San Carlos II; estas presentan conforme el indicador pero están por debajo del 96% para una excelente conformidad.

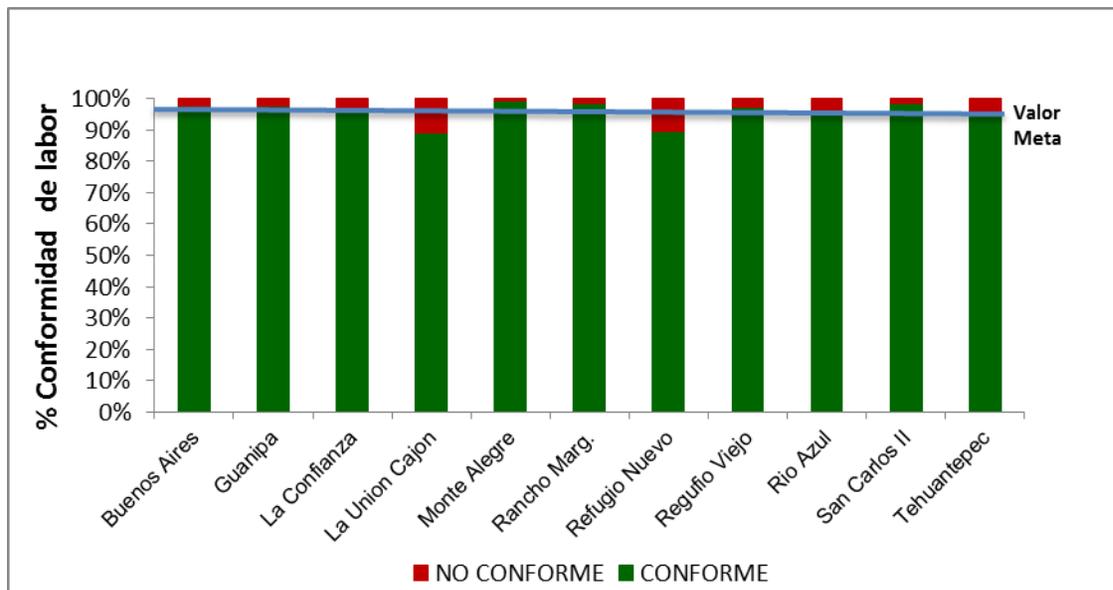


Figura 15 Porcentaje (%) conformidad en el indicador de presencia de maleza en caña soca.

(El autor, 2013).

Para el caso de presencia de maleza en caña plantía (renovaciones) todas las fincas en sus evaluaciones de presencia de maleza están con el indicador de conforme, solo el caso de La Confianza y Rio Azul que están con opción de mejora, pero en lo general todas están dentro del indicador de conformidad y es importante ya que son renovaciones.

VI. CONCLUSIONES

1. Para el porcentaje (%) de variación de dosis teórica/dosis real en la fertilización reflejó que la conformidad fue general en las 11 fincas supervisadas, a excepción de la finca Tehuantepec que refleja un 85.71 de conformidad y que está por debajo del indicador de satisfacción. Estos resultados de inconformidad son generados por desgaste en los tornillos sinfines que son los que llevan el fertilizante de la tolva a las mangueras de descarga.
2. Para el porcentaje (%) de variación de descarga entre salidas en la fertilización se sumaron las cuatro salidas de descarga y se calculó un promedio para ver si estas fueron uniformes, la finca Tehuantepec que fue la que tiene la no conformidad en las dosis teórica/dosis real, presenta un 95.24 % de conformidad y es satisfactorio pero con opción a una mejora en el indicador de descarga por salida, estas leves variaciones afectaron al primer indicador. El motivo de estas variaciones se debe a los tornillos sinfines, por desgaste de los mismos, o por algún objeto extraño que impide que el tornillo realice su función normalmente.
3. En el caso del porcentaje (%) de variación de volumen de descarga de herbicida en equipo mecánico se encontraron no conformidades en las fincas Monte Alegre y Refugio Viejo. Para el caso de Monte Alegre la no conformidad fue generada porque las boquillas del equipo mecanizado estaban en mal estado, algunas presentaban fugas en los empaque, otras estaban tapadas y al momento de la calibración no descargaron con normalidad.

Para la finca Refugio Viejo fue que al momento de realizar la pre-calibración del equipo mecanizado se realizó con un tractor y al momento de realizar la labor en el campo fue con otro tractor, razón por la cual en el momento de la calibración hubo variación en el tiempo de recorrido del equipo y lógicamente las descargas no fueron las adecuadas a la velocidad del tractor.

4. Para el porcentaje (%) de variación de volumen de descarga de herbicida en equipo manual los resultados fueron inconformes en la mayor parte de las fincas supervisadas, se realizaron evaluaciones en 11 fincas de las cuales solo cuatro están conformes con este indicador; esto refleja un 36.36% de conformidad en total de las fincas un resultado que pone en alerta la mala ejecución de esta actividad.

Las fincas que presentan la no conformidad son Buenos Aires, Guanipa, La Confianza, La Unión-Cajón, Monte Alegre, Rio Azul y Tehuantepec. Todas estas fincas presentan el mismo problema, que no realizan su pre-calibración de equipos de aspersión manual, no revisan los equipos (boquillas, reloj de presión) antes de realizar la labor. Otro factor que afecta directamente es que no capacitan al personal que efectuara la labor, constantemente se ven cambios en los grupos de aplicadores y esto repercute al momento de realizar la calibración de los equipos.

VII. RECOMENDACIONES

En las once fincas supervisadas de Ingenio La Unión S.A., se recomienda lo siguiente. Para el indicador del porcentaje (%) de variación de dosis teórica/dosis real y el porcentaje (%) de variación de descarga entre salidas en la fertilización, se recomienda hacer pre-calibraciones a cada 2 horas durante la ejecución de la labor en campo, con la finalidad de mantener en observación el comportamiento de los tornillos sinfines que son los que dan el mayor problema de des-calibración de las fertilizadora, si alguna no está dando la calibración se recomienda parar el equipo y la actividad, avisar al soporte técnico de taller para que verifique si los tornillos sinfines necesitan ser cambiados o algún otro desperfecto en la máquina que sea origen del fallo en la labor efectuada.

En el caso del porcentaje (%) de variación de volumen de descarga de herbicida en equipo mecánico y manual se recomienda siempre realizar la pre-calibración para verificar que los equipos descarguen la dosis correcta y que las boquillas estén en buen estado al momento de realizar la labor. En el caso específico de los equipos mecanizados se recomienda que con el tractor que se realice la pre-calibración sea el mismo que se utilice al momento de realizar la labor en campo. Para los equipos de aplicación manuales es importante revisar las mochilas de aspersion previo a realizar su pre-calibración para detectar desperfectos y rectificar antes de llegar al área donde se va a realizar la aplicación, otro aspecto importante es la capacitación del personal que realiza esta labor porque parte importante de lograr la conformidad en esta actividad depende mucho del personal, también se recomienda mantener al grupo de aplicadores y no cambiar a cada corto plazo porque este también afecta directamente las calibraciones de los equipos por ser inexpertos y no capacitados en esta actividad.

Para el indicador de presencia de malezas se recomienda realizar las aplicaciones en el momento oportuno para que la misma sea efectiva y eficaz, también es importante la supervisión de los lotes para detectar a tiempo la proliferación de las malezas, tener un historial por lotes de las posibles malezas presentes y siempre programar una limpia manual para reforzar las aplicaciones de herbicidas.

VIII. BIBLIOGRAFIA

Anónimo, (1982). Guía para la Calibración de Aspersoras. Guía de Aspersión 197. Teejet. Spraying Systems Co. U.S.A. pp. 5.

ASAZGUA, (1996). Asociación de Azucareros de Guatemala, Informe Anual.

AZASGUA, (2006). Asociación de azucareros de Guatemala. En línea (<http://www.azucar.com.gt/03cifras.htm>) Guatemala 21 de Septiembre del 2006.

AZASGUA, Asociación de azucareros de Guatemala. En línea (<http://www.azucar.com.gt/03cifras.htm>). Guatemala 21 de Febrero del 2012

Barrientos, C. (2006). Estudio para la implementación de buenas prácticas de operación en el Ingenio La Unión, como alternativa a un programa de producción mas limpio, Tesis Ing. Industrial, Guatemala, USAC 81 p.

Baumer, J.C. (1999). Sembradoras y Fertilizadoras para Siembra Directa. Aapresid e INTA.

Bragachini, M. Méndez, A. (2005). Alternativas de aplicación de fertilizantes. Simposio Fertilidad INPOFOS (IPNI).

Campollo, P. S. (1999). Fundamentos de mecanización agrícola para caña de azúcar, Ingenio Pantaleón. Guatemala. 43 p.

Castro L. (2005). Respuesta de la caña de azúcar al riego en la zona cañera Guatemalteca. Memoria zafra 2004-2005 Centro Guatemalteco para la investigación y Capacitación de la caña de azúcar, CENGICAÑA. Guatemala. 186 pag.

- CENICAÑA (Centro de Investigación de la Caña de azúcar de Colombia). (1995). El cultivo de la Caña de azúcar en la Zona Azucarera de Colombia. Cassalet, C.; Torres, J.; Issacs, C. (eds.). Cali, Colombia. 412 p.
- Cruz, D. (2013). Organigrama de la empresa (entrevista). Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla. Ingenio La Unión S.A.
- Dencker, C.H., 1960. Manual de Técnica Agrícola. Ed. Omega, Barcelona.
- García, J.; Villatoro, B.; Díaz, F.; Sandoval, G. (2012). El cultivo de la caña de azúcar. Guatemala, CENGICAÑA, pp. 108-118.
- Gómez, J.F. (1995). Control de malezas. En: CENICAÑA. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia, Cali, pp 143-152.
- Grande, J. (2006). Diagnóstico, investigación y servicios desarrollados en el departamento de investigación de ingenio La unión S.A. Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, URL. 89 p.
- Martínez Peck, Ricardo. (2007). Regulación de fertilizadoras. Simposio Fertilidad IPNI.
- Meneses A. (2004). Estadísticas de la Agroindustria azucarera de Guatemala. ATAGUA, pp 20 – 23.
- Orozco, H.; Ceballos, L.; Azañón V. (2000). Aumento de la distancia de estaquillado. Una opción viable para la reducción de la cantidad de semilla agámica por unidad de área. En: Memoria Presentación de resultados de investigación. Zafra 1999-2000. Guatemala, CENGICAÑA, pp. 31-37.
- Ovalle, W.; Quemé, J.L.; Orozco. H.; Pérez. O. (2012). El cultivo de la caña de azúcar. Guatemala, CENGICAÑA, pp. 120-127.

Pozzolo, Oscar R. (2006). Calibración y Regulación de Máquinas Fertilizadoras Centrifugas. INTA Concepción del Uruguay. 2006. www.elsitioagricola.com

Subiros, F. (1995). El cultivo de la caña de azúcar. San José, C. R. Universidad Estatal a Distancia. 448 p.

Tarenti, O. (2004). Calidad de la semilla, lo que implica y como evaluarla. Consultado el 17 de agosto de 2011.

IX. ANEXOS

Cuadro 6. Porcentaje (%) conformidad de la labor de Fertilización, sobre la variación en la descarga total a aplicar.

| Nombre Finca | CONFORME | NO CONFORME | Total general | % Conformidad |
|----------------------|------------|-------------|---------------|---------------|
| Tehuantepec | 18 | 3 | 21 | 85.71% |
| La Union Cajon | 8 | - | 8 | 100% |
| Refugio Viejo | 12 | - | 12 | 100% |
| Rio Azul | 27 | - | 27 | 100% |
| Refugio Nuevo | 5 | - | 5 | 100% |
| Buenos Aires | 3 | - | 3 | 100% |
| La Confianza | 15 | - | 15 | 100% |
| Rancho Marg. | 3 | - | 3 | 100% |
| San Carlos II | 7 | - | 7 | 100% |
| Guanipa | 8 | - | 8 | 100% |
| Total general | 106 | 3 | 109 | 97.25% |

(El autor, 2013).

El cuadro 6 presenta el número de evaluaciones realizadas por finca y las conformidades obtenidas, la finca Tehuantepec es la única que no está conforme con los resultados obtenidos en las evaluaciones realizadas.

Cuadro 7. Porcentaje (%) conformidad por finca en el indicador de descarga por salida en la fertilización.

| Nombre Finca | CONFORME | NO CONFORME | Total general | % Conformidad |
|----------------------|------------|-------------|---------------|---------------|
| Tehuantepec | 20 | 1 | 21 | 95.24% |
| La Union Cajon | 8 | - | 8 | 100% |
| Refugio Viejo | 12 | - | 12 | 100% |
| Rio Azul | 27 | - | 27 | 100% |
| Refugio Nuevo | 5 | - | 5 | 100% |
| Buenos Aires | 3 | - | 3 | 100% |
| La Confianza | 15 | - | 15 | 100% |
| Rancho Marg. | 3 | - | 3 | 100% |
| San Carlos II | 7 | - | 7 | 100% |
| Guanipa | 8 | - | 8 | 100% |
| Total general | 108 | 1 | 109 | 99.08% |

(El autor, 2013).

El cuadro 7 presenta conformidad en todas las fincas evaluadas, solo Tehuantepec presenta una conformidad por debajo de excelente, pero se mantiene conforme con opción de mejora en el indicador de descarga por salida en la fertilización.



Figura 16. Calibración de la fertilización para la descarga por salida y dosis teórica. (El autor, 2013).

Cuadro 8. Porcentaje (%) conformidad para el indicador de litros/hectárea en equipo mecánico de aplicación.

| Nombre Finca | CONFORME | NO CONFORME | Total general | % Conformidad |
|----------------------|-----------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| Buenos Aires | 5 | - | 5 | 100% |
| Guanipa | 6 | - | 6 | 100% |
| La Confianza | 4 | - | 4 | 100% |
| La Union Cajon | 3 | - | 3 | 100% |
| Monte alegre | 4 | 1 | 5 | 80.00% |
| Refugio Nuevo | 3 | - | 3 | 100% |
| Refugio Viejo | 3 | 1 | 4 | 75.00% |
| Rio Azul | 7 | - | 7 | 100% |
| San Carlos II | 4 | - | 4 | 100% |
| Tehuantepec | 21 | - | 21 | 100% |
| Total general | 60 | 2 | 62 | 96.77% |

(El autor, 2013)

Los resultados que refleja el cuadro 8 de las evaluaciones realizadas en las fincas para el indicador de porcentaje (%) de conformidad en la descarga en litros/hectárea en equipo mecánico, indican q solo dos fincas esta debajo del indicador de satisfacción, se realizaron en total 62 evaluaciones de las cuales solo 2 salieron no conformes para un total general de satisfacción del 96.77%

Cuadro 9. Porcentaje (%) conformidad en el parámetro de litros por hectárea en los equipos manuales de aplicación.

| Nombre Finca | CONFORME | NO CONFORME | Total general | % Conformidad |
|----------------------|-----------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| Buenos Aires | 6 | 1 | 7 | 85.71% |
| Guanipa | 12 | 2 | 14 | 85.71% |
| La Confianza | 9 | 2 | 11 | 81.82% |
| La Union Cajon | 6 | 1 | 7 | 85.71% |
| Monte Alegre | 4 | 1 | 5 | 80.00% |
| Rancho Marg. | 11 | - | 11 | 100% |
| Refugio Nuevo | 2 | - | 2 | 100% |
| Regufio Viejo | 3 | - | 3 | 100% |
| Rio Azul | 20 | 3 | 23 | 86.96% |
| San Carlos II | 13 | - | 13 | 100% |
| Tehuantepec | 16 | 4 | 20 | 80.00% |
| Total general | 102 | 14 | 116 | 87.93% |

(El autor, 2013)

El cuadro 9 indica que la mayor parte de las fincas no están conformes para el indicador de litros/hectárea en equipos manuales de herbicidas, se realizaron 116 evaluaciones en las 11 fincas y fueron 102 evaluaciones conformes para un total general de conformidad del 87.93%.



Figura 17. A) y B) muestran la calibración del recorrido de los aplicadores para calcular la velocidad (km/h).

(El autor).



Figura 18. A) muestra al grupo de aplicadores al momento de la descarga, B) el recipiente recibiendo el líquido de la descarga en el momento de la aplicación.

(El autor, 2013).



Figura 19. A) y B) muestran el momento de la medición y lectura de las descargas de cada equipo manual de aplicación durante la calibración.
(El autor, 2013).

Cuadro 10. Porcentaje (%) conformidad en presencia de malezas en caña soca.

| Nombre Finca | CONFORME | NO CONFORME | (%) Conformidad |
|----------------|----------|-------------|-----------------|
| Buenos Aires | 38 | 1 | 97.44% |
| Guanipa | 117 | 3 | 97.50% |
| La Confianza | 70 | 2 | 95.89% |
| La Union Cajon | 24 | 3 | 88.89% |
| Monte Alegre | 198 | 2 | 96.12% |
| Rancho Marg. | 53 | 1 | 94.64% |
| Refugio Nuevo | 34 | 4 | 89.47% |
| Regufio Viejo | 67 | 2 | 89.33% |
| Rio Azul | 163 | 8 | 95.88% |
| San Carlos II | 67 | 1 | 93.06% |
| Tehuantepec | 239 | 11 | 96.76% |
| Total general | 1070 | 38 | 95.28% |

(El autor, 2013).

El cuadro 10 presenta fincas con presencia de maleza en sus lotes, La Unión Cajón, Refugio Nuevo, Refugio Viejo son las que están con no conformidad en este indicador, y las fincas Rio Azul, San Carlos II, Rancho Margaritas, La Confianza están conforme con opción a mejora continua para poder llegar al nivel de satisfacción excelente que esta de 96% de conformidad.

Cuadro 11. Porcentaje (%) conformidad en presencia de malezas en caña plantía.

| Nombre Finca | CONFORME | NO CONFORME | (%) Conformidad |
|----------------------|-----------------|--------------------|------------------------|
| Buenos Aires | 9 | - | 100.00% |
| Guanipa | 18 | - | 100.00% |
| La Confianza | 20 | 1 | 95.24% |
| Monte Alegre | 32 | 1 | 96.97% |
| Rancho Marg. | 15 | - | 100.00% |
| Rio Azul | 37 | 2 | 94.87% |
| Tehuantepec | 52 | 2 | 96.30% |
| Total general | 183 | 6 | 98% |

(El autor, 2013).

El muestreo de presencia de malezas en caña plantía indica que no se encontró ningún lote con suficiente maleza para que fuera determinado como no conforme, sin embargo si se encontraron lotes con presencia ligera o moderada y que requieren de una limpieza sanitaria o una aplicación dirigida.

El cuadro 11 nos muestra el porcentaje (%) de conformidad por finca y solo para las fincas La Confianza y Rio Azul se encontraron lotes con presencia de maleza.

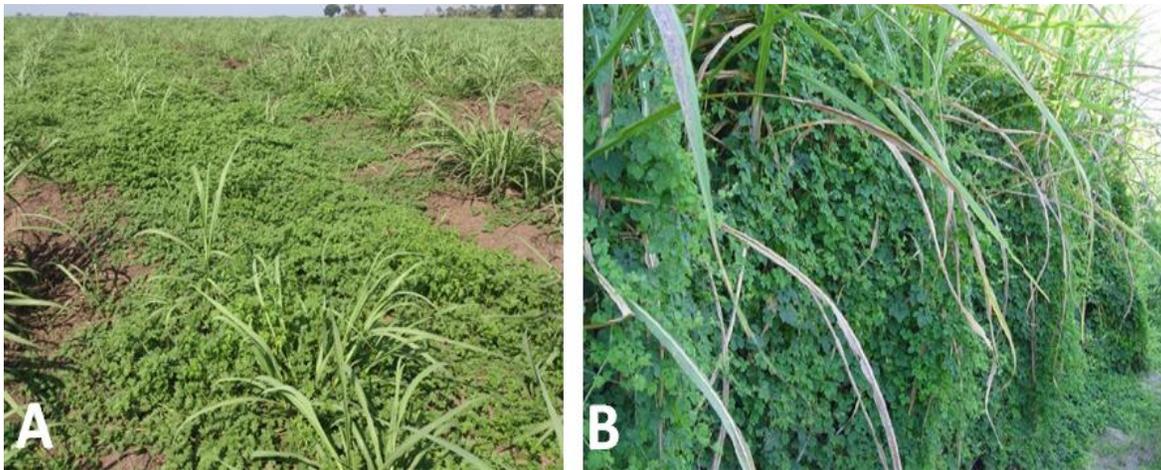


Figura 20. A) muestra un lote con presencia abundante de *Momordica charantia*, en caña soca de 35 días, B) muestra presencia exagerada de *Momordica charantia* y *Ipomoea triloba* en un lote de 10 meses.

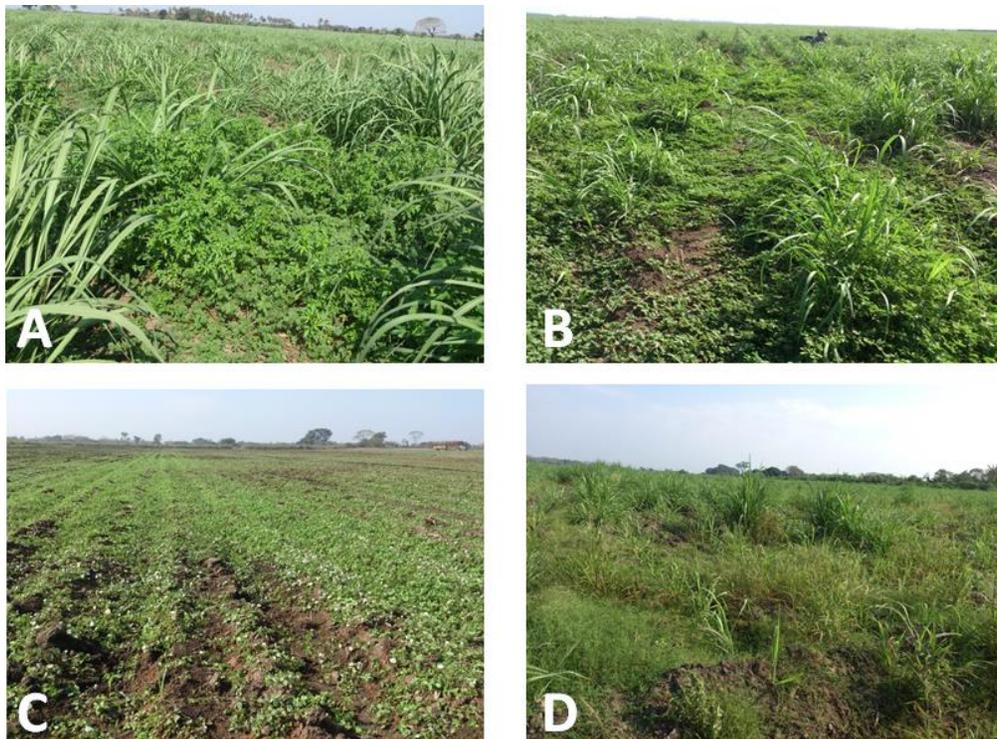


Figura 21. A) y B) muestran presencia considerable de maleza que compite con la caña, C) presencia de *Portulaca oleraceae* abundante en una renovación (plantía), D) muestra un lote que fue aplicado pero no en el momento oportuno, la maleza ya está fisiológicamente desarrollada y el método correcto para su control era una limpieza sanitaria (arranque).

Cuadro 13. Datos recolectados en campo de las evaluaciones de las asperjadoras manuales de herbicida.

| Finca | Lote | Tanque | tipo boquilla | tiempo recorrido | distancia siembra | Descarga por mochila | | | | | | | | | | Sumatoria (L/min) | Promedio (L/min) | Velocidad (km/h) | Lts/Ha | Status Conformidad | |
|-------------------|-------|--------|---------------|------------------|-------------------|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------------|------------------|------------------|--------|--------------------|----------|
| | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | | | | | |
| RIO AZUL | 2.060 | 15003 | TF 2.00 | 28 | 150 | 2.12 | 2.32 | 2.18 | 1.88 | 2.34 | 2.4 | 2.26 | 2.46 | 0 | 0 | 17.96 | 2.25 | 6.43 | 139.69 | NO CONFORME | |
| REFUGIO NUEVO | 1.160 | 15008 | TF 2.00 | 33 | 150 | 2.34 | 2.02 | 2.48 | 2.1 | 2.22 | 1.3 | 2.48 | 1.92 | 0 | 0 | 16.86 | 2.11 | 5.45 | 154.55 | CONFORME | |
| TEHUANTEPEC | 5.380 | 15011 | TF 2.00 | 32 | 150 | 2.14 | 2.42 | 2.12 | 2.12 | 2.12 | 2.12 | 2.1 | 2.48 | 2.02 | 2.54 | 22.18 | 2.22 | 5.63 | 157.72 | CONFORME | |
| LA CONFIANZA | 4.070 | 15051 | TF 2.00 | 36 | 150 | 2.66 | 2.4 | 2.28 | 1.7 | 1.72 | 2.3 | 1.88 | 1.78 | 1.5 | 0 | 18.22 | 2.02 | 5.00 | 161.96 | CONFORME | |
| RANCHO MARGARITAS | 2.04 | 15008 | TF 2.00 | 30 | 150 | 2.68 | 2.46 | 2.22 | 2.4 | 2.62 | 2.28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14.66 | 2.44 | 6.00 | 162.89 | CONFORME | |
| SAN CARLOS II | 5.01 | 15008 | TF 2.00 | 30 | 150 | 2.62 | 2.26 | 2.54 | 2.4 | 2.5 | 2.48 | 2.44 | 2.3 | 2.46 | 2.6 | 24.6 | 2.55 | 6.00 | 164.00 | CONFORME | |
| RIO AZUL | 3.110 | 15004 | TF 2.00 | 31 | 150 | 2.24 | 2.34 | 2.52 | 2.44 | 2.28 | 2.52 | 2.44 | 2.42 | 0 | 0 | 19.2 | 2.40 | 5.81 | 165.33 | CONFORME | |
| SAN CARLOS II | 2.060 | 15008 | TF 2.00 | 35 | 150 | 2.3 | 1.92 | 1.12 | 1.94 | 2.14 | 2.44 | 2.12 | 1.94 | 2.3 | 0 | 19.22 | 2.14 | 5.14 | 166.10 | CONFORME | |
| TEHUANTEPEC | 2.230 | 15011 | TF 2.00 | 31 | 150 | 2.5 | 2.52 | 2.52 | 2.4 | 2.16 | 2.52 | 2.1 | 2.6 | 0 | 0 | 19.32 | 2.42 | 5.81 | 166.37 | CONFORME | |
| LA CONFIANZA | 6.05 | 15051 | TF 2.00 | 32 | 150 | 2.1 | 2.4 | 2.44 | 2.46 | 2.32 | 2.46 | 2.42 | 2.44 | 0 | 0 | 19.04 | 2.38 | 5.63 | 169.24 | CONFORME | |
| TEHUANTEPEC | 2.080 | 15011 | TF 2.00 | 32 | 150 | 2.32 | 2.5 | 2.46 | 2.18 | 2.16 | 2.58 | 2.4 | 2.46 | 0 | 0 | 19.06 | 2.38 | 5.63 | 169.42 | CONFORME | |
| RANCHO MARGARITAS | 2.09 | 15008 | TF 2.00 | 30 | 150 | 2 | 2.52 | 3.02 | 2.52 | 2.42 | 2.48 | 3 | 2.5 | 0 | 0 | 20.38 | 2.55 | 6.00 | 169.83 | CONFORME | |
| BUENOS AIRES | 1.100 | 15011 | TF 2.00 | 32 | 150 | 2.34 | 2.62 | 2.2 | 2.46 | 2.28 | 2.22 | 2.68 | 0 | 0 | 0 | 16.8 | 2.40 | 5.63 | 170.67 | CONFORME | |
| BUENOS AIRES | 1.040 | 15011 | TF 2.00 | 33 | 150 | 2.38 | 2.52 | 1.96 | 2.48 | 2.6 | 2.3 | 2.2 | 2.2 | 0 | 0 | 18.64 | 2.33 | 5.45 | 170.87 | CONFORME | |
| MONTE ALEGRE | 8.160 | 15052 | TF 2.00 | 36 | 150 | 2.16 | 2.1 | 2.24 | 2.18 | 2.16 | 1.98 | 2.14 | 2.16 | 0 | 0 | 17.12 | 2.14 | 5.00 | 171.20 | CONFORME | |
| TEHUANTEPEC | 3.300 | 15011 | TF 2.00 | 34 | 150 | 2.46 | 2.1 | 2.34 | 2.14 | 2.12 | 2.4 | 2.42 | 2.14 | 2.34 | 0 | 20.46 | 2.27 | 5.29 | 171.76 | CONFORME | |
| LA CONFIANZA | 3.020 | 15008 | TF 2.00 | 33 | 150 | 2.22 | 2.06 | 2.64 | 2.32 | 2.3 | 2.36 | 2.02 | 2.84 | 0 | 0 | 18.76 | 2.35 | 5.45 | 171.97 | CONFORME | |
| GUANIPA | 1.020 | 15008 | TF 2.00 | 34 | 150 | 2.18 | 2.5 | 2.42 | 2.36 | 2.24 | 2.16 | 2.1 | 2.5 | 2.19 | 2.16 | 22.81 | 2.28 | 5.29 | 172.34 | CONFORME | |
| SAN CARLOS II | 1.080 | 15008 | TF 2.00 | 34 | 150 | 2.32 | 2.7 | 2.18 | 1.74 | 2.16 | 2.26 | 2.58 | 2.22 | 2.42 | 2.24 | 22.82 | 2.28 | 5.29 | 172.42 | CONFORME | |
| TEHUANTEPEC | 3.040 | 15057 | TF 2.00 | 33 | 150 | 2.42 | 2.52 | 2.24 | 2.32 | 2.38 | 2.4 | 2.54 | 2.02 | 0 | 0 | 18.84 | 2.36 | 5.45 | 172.70 | CONFORME | |
| BUENOS AIRES | 1.12 | 15011 | TF 2.00 | 33 | 150 | 2.38 | 2.38 | 2.48 | 2.38 | 2.28 | 2.42 | 2.3 | 2.36 | 2.36 | 0 | 21.34 | 2.37 | 5.45 | 173.88 | CONFORME | |
| SAN CARLOS II | 4.050 | 15008 | TF 2.00 | 35 | 150 | 2.22 | 2.2 | 2.36 | 2.44 | 2.44 | 2 | 2.08 | 2.08 | 2.12 | 2.48 | 22.42 | 2.24 | 5.14 | 174.38 | CONFORME | |
| TEHUANTEPEC | 6.130 | 15011 | TF 2.00 | 33 | 150 | 2.38 | 2.32 | 2.5 | 2.42 | 2.5 | 2.34 | 2.66 | 1.98 | 2.42 | 2.28 | 23.8 | 2.38 | 5.45 | 174.53 | CONFORME | |
| RANCHO MARGARITAS | 2.08 | 15008 | TF 2.00 | 30 | 150 | 2.8 | 2.6 | 2.5 | 2.6 | 2.7 | 2.7 | 2.6 | 2.5 | 2.6 | 2.6 | 26.2 | 2.62 | 6.00 | 174.67 | CONFORME | |
| RANCHO MARGARITAS | 1.13 | 15008 | TF 2.00 | 33 | 150 | 2.42 | 2.32 | 2.4 | 2.4 | 2.38 | 2.38 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14.3 | 2.38 | 5.45 | 174.78 | CONFORME | |
| LA UNION CAJON | 31.01 | 15018 | TF 2.00 | 32 | 150 | 2.38 | 2.44 | 2.4 | 2.46 | 2.66 | 2.32 | 2.1 | 2.88 | 0 | 0 | 19.74 | 2.47 | 5.63 | 175.47 | CONFORME | |
| RANCHO MARGARITAS | 1.05 | 15008 | TF 2.00 | 33 | 150 | 2.46 | 2.6 | 1.68 | 2.56 | 2.46 | 2.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14.36 | 2.39 | 5.45 | 175.51 | CONFORME | |
| REFUGIO VIEJO | 2.070 | 15008 | TF 2.00 | 36 | 150 | 2.18 | 2.22 | 2.38 | 1.92 | 2.28 | 2.28 | 2.32 | 2.06 | 2.48 | 1.88 | 22 | 2.20 | 5.00 | 176.00 | CONFORME | |
| SAN CARLOS II | 3.320 | 15008 | TF 2.00 | 31 | 150 | 2.38 | 2.32 | 2.5 | 2.42 | 2.5 | 2.34 | 2.66 | 1.98 | 2.42 | 2.28 | 23.6 | 2.55 | 5.81 | 176.01 | CONFORME | |
| SAN CARLOS II | 3.030 | 15008 | TF 2.00 | 33 | 150 | 2.32 | 2.62 | 2.22 | 2.16 | 2.12 | 2.52 | 2.56 | 2.68 | 2.42 | 0 | 21.62 | 2.40 | 5.45 | 176.16 | CONFORME | |
| LA CONFIANZA | 4.01 | 15051 | TF 2.00 | 31 | 150 | 2.54 | 2.66 | 2.72 | 2.66 | 2.48 | 2.6 | 2.54 | 2.54 | 2.3 | 2.54 | 25.58 | 2.56 | 5.81 | 176.22 | CONFORME | |
| RIO AZUL | 14.02 | 15004 | TF 2.00 | 35 | 150 | 2.16 | 2.32 | 2.42 | 2.4 | 2.32 | 2.46 | 1.96 | 2.2 | 2.16 | 0 | 20.4 | 2.27 | 5.14 | 176.30 | CONFORME | |
| BUENOS AIRES | 1.060 | 15011 | TF 2.00 | 33 | 150 | 2.38 | 2.66 | 2.2 | 2.48 | 2.54 | 2.28 | 2.28 | 2.44 | 0 | 0 | 19.16 | 2.41 | 5.45 | 176.55 | CONFORME | |
| TEHUANTEPEC | 1.060 | 15011 | TF 2.00 | 35 | 150 | 2.32 | 2.26 | 2.7 | 2.3 | 1.18 | 2.5 | 2.22 | 2.28 | 0 | 0 | 18.26 | 2.27 | 5.14 | 176.56 | CONFORME | |
| SAN CARLOS II | 4.12 | 15008 | TF 2.00 | 32 | 150 | 2.48 | 2.48 | 2.26 | 2.4 | 2.42 | 2.4 | 2.4 | 2.42 | 2.52 | 2.52 | 24.84 | 2.48 | 5.63 | 176.64 | CONFORME | |
| RIO AZUL | 1.230 | 15004 | TF 2.00 | 33 | 150 | 2.7 | 2.2 | 2.5 | 2.54 | 2.44 | 2.4 | 2.28 | 2.42 | 2.22 | 0 | 21.7 | 2.41 | 5.45 | 176.81 | CONFORME | |
| MONTE ALEGRE | 8.090 | 15052 | TF 2.00 | 36 | 150 | 2.06 | 2.12 | 2.34 | 2.32 | 2.24 | 2.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13.28 | 2.21 | 5.00 | 177.07 | CONFORME | |
| RIO AZUL | 12.10 | 15003 | TF 2.00 | 35 | 150 | 2.44 | 2.36 | 2.22 | 2.28 | 2.42 | 2.1 | 2.18 | 0 | 0 | 0 | 16 | 2.29 | 5.14 | 177.78 | CONFORME | |
| RIO AZUL | 1.100 | 15003 | TF 2.00 | 33 | 150 | 2.3 | 2.48 | 2.44 | 2.18 | 2.6 | 2.44 | 2.36 | 2.5 | 2.68 | 2.38 | 24.36 | 2.44 | 5.45 | 178.64 | CONFORME | |
| LA UNION CAJON | 92.01 | 15018 | TF 2.00 | 34 | 150 | 2.06 | 2.12 | 2.34 | 2.4 | 2.4 | 2.64 | 1.96 | 2.74 | 0 | 0 | 18.92 | 2.37 | 5.63 | 178.69 | CONFORME | |
| REFUGIO NUEVO | 4.030 | 15008 | TF 2.00 | 36 | 150 | 1.8 | 2.44 | 2.56 | 2.36 | 2.58 | 2.38 | 2.36 | 0 | 0 | 1.74 | 2.02 | 2.24 | 2.23 | 5.00 | 178.72 | CONFORME |
| RIO AZUL | 4.080 | 15004 | TF 2.00 | 35 | 150 | 2.26 | 2.34 | 2.34 | 2.41 | 2.52 | 2.26 | 1.96 | 0 | 0 | 0 | 16.09 | 2.30 | 5.14 | 178.78 | CONFORME | |
| SAN CARLOS II | 2.040 | 15008 | TF 2.00 | 34 | 150 | 2.06 | 1.36 | 2.46 | 2.6 | 2.3 | 3.14 | 3.76 | 2.7 | 1.94 | 1.44 | 23.76 | 2.38 | 5.29 | 179.52 | CONFORME | |
| RIO AZUL | 1.130 | 15003 | TF 2.00 | 35 | 150 | 2.22 | 2.24 | 2.44 | 2.56 | 2.3 | 2.24 | 2.16 | 0 | 0 | 0 | 16.16 | 2.31 | 5.14 | 179.56 | CONFORME | |
| RIO AZUL | 11.16 | 15003 | TF 2.00 | 34 | 150 | 2.4 | 2.4 | 2.52 | 2.54 | 2.34 | 2.5 | 2.38 | 2.36 | 1.96 | 0 | 21.4 | 2.38 | 5.29 | 179.65 | CONFORME | |
| GUANIPA | 3.070 | 15008 | TF 2.00 | 37 | 150 | 1.8 | 2.28 | 2.36 | 2.82 | 2.2 | 2.04 | 2.22 | 2.08 | 2.06 | 2 | 21.86 | 2.19 | 4.86 | 179.74 | CONFORME | |
| TEHUANTEPEC | 3.220 | 15011 | TF 2.00 | 34 | 150 | 2.56 | 2.26 | 2.28 | 2.42 | 2.5 | 2.24 | 2.22 | 2.68 | 2.38 | 2.29 | 23.83 | 2.38 | 5.29 | 180.05 | CONFORME | |
| SAN CARLOS II | 4.03 | 15008 | TF 2.00 | 33 | 150 | 2.42 | 2.56 | 2.44 | 2.54 | 2.42 | 2.38 | 2.42 | 2.46 | 2.56 | 2.46 | 24.64 | 2.46 | 5.45 | 180.09 | CONFORME | |
| RIO AZUL | 2.070 | 15003 | TF 2.00 | 37 | 150 | 2.12 | 2.28 | 1.98 | 1.94 | 1.86 | 2.42 | 2.22 | 2.5 | 2.46 | 0 | 19.78 | 2.20 | 4.86 | 180.71 | CONFORME | |
| RIO AZUL | 2.010 | 15008 | TF 2.00 | 36 | 150 | 2.14 | 2.52 | 2.56 | 2.2 | 2.46 | 2.72 | 1.98 | 1.96 | 0 | 0 | 18.6 | 2.33 | 5.14 | 180.83 | CONFORME | |
| LA CONFIANZA | 2.080 | 15008 | TF 2.00 | 35 | 150 | 2.44 | 2.26 | 2.34 | 2.32 | 2.14 | 2.24 | 2.56 | 2.3 | 2.16 | 2.16 | 22.82 | 2.47 | 5.14 | 180.86 | CONFORME | |
| RANCHO MARGARITAS | 2.03 | 15008 | TF 2.00 | 33 | 150 | 2.4 | 2.36 | 2.54 | 2.42 | 2.52 | 2.66 | 2.4 | 2.48 | 2.48 | 0 | 22.24 | 2.47 | 5.45 | 181.21 | CONFORME | |
| SAN CARLOS II | 3.01 | 15008 | TF 2.00 | 33 | 150 | 2.06 | 2.64 | 2.66 | 2.32 | 2.32 | 2.58 | 2.5 | 2.68 | 2.48 | 0 | 22.24 | 2.47 | 5.45 | 181.21 | CONFORME | |
| MONTE ALEGRE | 8.180 | 15052 | TF 2.00 | 36 | 150 | 2.14 | 2.4 | 2.42 | 2.16 | 2.28 | 2.08 | 2.24 | 2.42 | 0 | 0 | 18.14 | 2.27 | 5.00 | 181.40 | CONFORME | |
| GUANIPA | 2.030 | 15051 | TF 2.00 | 35 | 150 | 2.28 | 2.3 | 2.34 | 2.44 | 2.46 | 2.4 | 2.22 | 2.24 | 0 | 0 | 18.68 | 2.34 | 5.14 | 181.61 | CONFORME | |
| TEHUANTEPEC | 1.340 | 15018 | TF 2.00 | 32 | 150 | 2.62 | 2.52 | 2.7 | 2.3 | 2.6 | 2.84 | 2.54 | 2.58 | 2.52 | 2.36 | 25.58 | 2.56 | 5.63 | 181.90 | CONFORME | |
| RANCHO MARGARITAS | 4.12 | 15008 | TF 2.00 | 34 | 150 | 2.68 | 2.48 | 2.48 | 2.46 | 2.3 | 2.84 | 2.4 | 0 | 0 | 0 | 14.46 | 2.61 | 5.29 | 182.09 | CONFORME | |
| LA UNION CAJON | 92.02 | 15018 | TF 2.00 | 34 | 150 | 2.4 | 2.46 | 2.44 | 2.36 | 2.48 | 2.46 | 2.38 | 0 | 0 | 0 | 16.98 | 2.42 | 5.00 | 183.28 | CONFORME | |
| RIO AZUL | 9.040 | 15003 | TF 2.00 | 36 | 150 | 2.38 | 2.26 | 1.82 | 2.42 | 2.36 | 2.23 | 2.46 | 2.4 | 0 | 0 | 18.33 | 2.29 | 5.00 | 183.30 | CONFORME | |
| LA CONFIANZA | 6.09 | 15051 | TF 2.00 | 32 | 150 | 2.7 | 2.7 | 2.6 | 2.3 | 2.8 | 2.7 | 2.6 | 2.6 | 2.2 | 2.8 | 26 | 2.60 | 5.66 | 183.91 | CONFORME | |
| RIO AZUL | 2.090 | 15004 | TF 2.00 | 36 | 150 | 2.15 | 2.21 | 2.44 | 2.28 | 2.5 | 2.39 | 2.24 | 2.33 | 2.24 | 0 | 20.78 | 2.31 | 5.00 | 184.71 | CONFORME | |
| SAN CARLOS II | 1.020 | 15018 | TF 2.00 | 34 | 150 | 2.62 | 2.52 | 2.46 | 2.46 | 2.42 | 2.36 | 2.4 | 2.5 | 2.4 | 0 | 21.4 | 2.5 | 5.29 | 184.75 | CONFORME | |
| TEHUANTEPEC | 1.100 | 15018 | TF 2.00 | 34 | 150 | 2.49 | 2.52 | 2.42 | 2.46 | 2.42 | 2.36 | 2.44 | 2.32 | 2.58 | 0 | 22.01 | 2.45 | 5.29 | 184.78 | CONFORME | |
| REFUGIO VIEJO | 4.010 | 15008 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |