UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

DETERMINACIÓN BOTÁNICA Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS ESPECIES DE MALEZAS DE MAYOR IMPOTANCIA EN FINCA LA PINTA, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y APLICACIONES AEREAS DEL INGENIO SANTA ANA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.

JURGEN EDUARDO SOTO ANGEL

GUATEMALA, MARZO DE 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

DETERMINACIÓN BOTÁNICA Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS ESPECIES DE MALEZAS DE MAYOR IMPOTANCIA EN FINCA LA PINTA, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y APLICACIONES AÉREAS DEL INGENIO SANTA ANA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

JURGEN EDUARDO SOTO ANGEL

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, MARZO DE 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR EN FUNCIONES

M.A. WALTER RAMIRO MAZARIEGOS BIOLIS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
VOCAL II	Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Alvarez
VOCAL III	Ing. Agr. M.Sc. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL IV	Bach. Sahara Yarith Méndez Anckermaan
VOCAL V	P.A.E. Yonshual Nehemías Xinico Ajú
SECRETARIO	Ing. Agr. Víctor Arturo Valenzuela

GUATEMALA, MARZO DE 2024

Guatemala, marzo de 2024

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

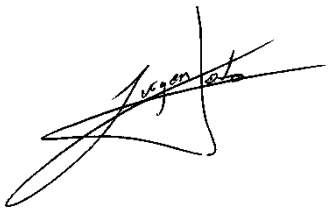
Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración, el trabajo de graduación titulado: **"DETERMINACIÓN BOTÁNICA Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS ESPECIES DE MALEZAS DE MAYOR IMPOTANCIA EN FINCA LA PINTA, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y APLICACIONES AÉREAS DEL INGENIO SANTA ANA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A. "** como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



JURGEN EDUARDO SOTO ANGEL

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS	Por darme la oportunidad de lograr esta meta, ser mi guía y compañía en todo momento.
MIS PADRES	Por su apoyo incondicional, sacrificios y consejos que me brindaron para lograr esta meta, con mucho cariño para los mejores padres, mi papá Abelardo Soto Lopez y mi mamá Alba Idalia Angel Maldonado. Los quiero mucho.
MI HERMANA	Jaqueline Waleska Soto Angel, por estar siempre en las buenas y en las malas siempre apoyándome, te quiero hermanita.
MIS ABUELOS Y ABUELAS	Especialmente para mi abuelo Esteban Soto (Q.E.P.D.) por ser un excelente abuelito en vida, un ejemplo a seguir. Sé que desde el cielo hoy brilla de felicidad por esta meta. Y mi abuela Ignacia Maldonado por ser como una madre apoyándome y dándome sus consejos. Gracias por su amor los quiero mucho.
MI FAMILIA	Por apoyarme y darme ánimos en todo momento especialmente para Rudy Estuardo Campos Campos por siempre apoyarme y aconsejarme, verme como un hijo. Y mis primos con los que compartí mi infancia Vidal Alexander Guzman Angel, Rudy Estuardo Campos Angel, Ricardo Daniel Tejeda Angel y Brandon Antonio Tejeda Angel.
MIS AMIGOS	Por apoyarme y haber formado parte de los mejores años de mi vida universitaria: Joel Contreras, Fredy Contreras, Ricardo Chan, Kevin de León, Francisco Alegria, Dominick Velázquez.

AGRADECIMIENTOS

A:

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Por ser la única universidad pública con un alto nivel académico en todo el país y darme la oportunidad de mi formación como profesional.

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Por brindarme buenas herramientas y formarme como profesional.

MIS TÍOS

Especialmente Iris, Adely, Wendy, wilfi, Filadelfo, Victor, Maudali, Evelio, Elizabeth, y Ovidia que siempre me han apoyado y aconsejado para lograr mis metas.

MI SUPERVISOR

Ing. Agr. Marino Barrientos García, por su orientación y ayuda durante el transcurso del EPS y aportes al presente documento.

MI ASESOR

Ing. Agr. Camilo José Wolford, por su aporte de conocimientos y colaboración a esta investigación.

INGENIO SANTA ANA

Por la oportunidad que me dieron de terminar mi preparación y permitirme ser parte de esa gran empresa. En especial al Ing. Marco Cancino y David Vargas, por enseñarme tanto en tan poco tiempo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

TÍTULO PÁGINA

CAPÍTULO I:
DIAGNÓSTICO DEL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y APLICACIONES AÉREAS DEL GRUPO CORPORATIVO SANTA ANA, UBICADO EN EL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA, GUATEMALA. 1

1.1 PRESENTACIÓN 3
1.2 MARCO REFERENCIAL 4

1.2.1 Ubicación geográfica 4
1.2.2 Visión 4
1.2.3 Misión 4
1.2.4 Estructura 5

1.3 OBJETIVOS 6

1.3.1 Objetivo general 6
1.3.2 Objetivos específicos 6

1.4 METODOLOGÍA 7

1.4.1 Delimitar el sistema 7
1.4.2 Determinación de problemas del departamento 7
1.4.3 Herramienta por utilizar 7
1.4.4 Matriz de priorización de problemas 8
1.4.5 Árbol de problemas 8

1.5 RESULTADOS 8

1.5.1 Estructura del departamento de planificación y control 9
1.5.2 Rol que juega el departamento de investigación y aplicaciones aéreas dentro del ingenio 9
1.5.3 Historia del departamento 10

TÍTULO PÁGINA

1.5.4 Aportes que ha realizado el departamento hacia el ingenio 11
1.5.5 Ensayos establecidos por el departamento de investigación 11
1.5.6 Principales problemas que se tienen en las fincas del ingenio, al momento de la producción 13
1.5.7 Matriz de priorización de problemas 15
1.5.8 ÁRBOL DE PROBLEMAS 16

1.6 CONCLUSIONES 18
1.7 BIBLIOGRAFÍA 19

CAPÍTULO II
DETERMINACIÓN BOTÁNICA Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS ESPECIES DE MALEZAS DE MAYOR IMPOTANCIA EN FINCA LA PINTA DEL INGENIO SANTA ANA, ESCUINTLA, GUATEMALA, CA. 21

2.1 PRESENTACIÓN 23
2.2 JUSTIFICACIÓN 24
2.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA 25
2.4 MARCO TEÓRICO 26

2.4.1 Marco conceptual 26
2.4.1.1 Generalidades sobre malezas 26
2.4.1.2 Importancia del estudio de malezas 27
2.4.1.3 Interferencia de malezas con el cultivo de caña de azúcar 29
2.4.1.4 Periodos críticos de interferencia de malezas en el cultivo de caña 29
2.4.1.5 Listado de malezas más comunes en la zona cañera 30
2.4.1.6 Muestreos convencionales para poblaciones de malezas 31
2.4.1.7 Índice de valor de importancia 33
2.4.1.8 Geoestadística 34
2.4.1.9 Generador de modelos (GS+®) 38
2.4.1.10 ArcGIS® Geostatistical Analyst 40
2.4.2 Marco referencial 40

TÍTULO PÁGINA

2.4.2.1 Ubicación geográfica 40
2.4.2.2 Zona Agroecológica (ZAE) 41
2.4.2.3 Manejo de malezas en finca La pinta 42
2.4.2.4 Texturas de suelo 42

2.5 OBJETIVOS 43

2.5.1 Objetivo general 43
2.5.2 Objetivos específicos 43

2.6 METODOLOGÍA 44

2.6.1 Metodología para determinar la identidad botánica de las especies de malezas encontradas dentro de la finca 44
2.6.1.1 Determinar identidad botánica 44
2.6.1.2 Verificación de nombre y clasificación actualizada 45
2.6.2 Identificación de las especies de mayor valor de importancia dentro de la finca, mediante el cálculo de Valor de Importancia (VI) 45
2.6.2.1 Cuadricular la finca 45
2.6.2.2 Puntos de muestreo 46
2.6.2.3 Muestreo 48
2.6.2.4 Cálculo de valor de importancia 48
2.6.2.4.1 Especies con mayor índice de valor de importancia 49
2.6.3 Elaboración de mapas 50
2.6.3.1 Modelación 50
2.6.3.2 Interpolación 50

2.7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN 51

2.7.1 Determinación botánica de especies encontradas en finca La Pinta 51
2.7.2 Índice de valor de Importancia 52

2.7.3 Mapas de distribución espacial de las nueve especies con mayor valor de importancia 55

2.8 CONCLUSIONES 62
2.9 RECOMENDACIONES 63
2.10 BIBLIOGRAFÍA 64
2.11 ANEXOS 68

CAPÍTULO III
SERVICIOS REALIZADOS EN GRUPO CORPORATIVO SANTA ANA 73

3.1 PRESENTACIÓN 75
3.2 OBJETIVO GENEAL 75
3.3 SERVICIO 1: EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE FERTILIZANTES A LA SEMILLA ANTES DEL CORTE 76

3.3.1 Objetivo general 76
3.3.2 Objetivos específicos 76
3.3.3 Metodología 76
3.3.4 Material y equipo 78
3.3.5 Resultados 79
3.3.6 Evaluación 83

3.4 SERVICIO 2: EVALUACIÓN DE MÉTODO DE SIEMBRA Y NÚMERO DE YEMAS POR METRO LINEAL EN LA FINCA MANDEVILLE 84

3.4.1 Objetivo general 84
3.4.2 Objetivos específicos 84
3.4.3 Metodología 84
3.4.4 Material y equipo 86
3.4.5 Resultados 86
3.4.6 Evaluación 91

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA **PÁGINA**

Figura 1. Organigrama del ingenio Santa Ana constituido en divisiones…….. 5
Figura 2. Estructura del Departamento de Planificación y Control…….. 9
Figura 3. Muestreo en equis y zigzag…….. 32
Figura 4. Muestreo en grilla…….. 32
Figura 5. Semivariograma…….. 36
Figura 6. Efecto pepita puro…….. 37
Figura 7. Ubicación geográfica de finca La Pinta…….. 41
Figura 8. Clases texturales en finca La pinta…….. 42
Figura 9. Metodología para la determinación de especies…….. 44
Figura 10. Metodología para identificación de especies como mayor valor de importancia…….. 45
Figura 11. Ubicación de herramienta créate fishnet en la caja de herramientas del programa ArcGis®…….. 46
Figura 12. Pestaña de la herramienta fishnet con la opción créate label point remarcada de rojo…….. 47
Figura 13. Resultado de habilitar la opción créate label point…….. 47
Figura 14. Metodología para la elaboración de mapas…….. 50
Figura 15. Especies analizadas para la elaboración de mapas de distribución espacial... 54
Figura 16. Mapa de distribución espacial, especie E. prostrata…….. 57
Figura 17. Mapa de error, especie E. prostrata…….. 59
Figura 18. Mapa de distribución espacial, especie P. niruri…….. 60
Figura 19. Mapa de error, especie P. niruri…….. 61
Figura 20A. Modelo de E. prostrata…….. 68
Figura 21A. Modelo de P. niruri…….. 68
Figura 22A. Modelo de M. verticillata…….. 69
Figura 23A. Modelo de C. rotundus…….. 69

FIGURA **PÁGINA**

Figura 24A. Modelo de P. fasciculatum…….. 70
Figura 25A. Modelo de P. oleracea……. 70
Figura 26A. Modelo de C. affinis……..71
Figura 27A. Modelo de Philodendron spp…….. 71
Figura 28A. Modelo de T. disgrega……. 72
Figura 29. Promedio de altura de 10 plantas de caña de azúcar……...81
Figura 30. Comportamiento de población por metro lineal……..82
Figura 31. Promedio de altura de 10 plantas de caña de azúcar……...89
Figura 32. Comportamiento de número de plantas por metro lineal……..90

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO **PÁGINA**

Cuadro 1. Total de ensayos establecidos por el departamento de investigación y aplicaciones aéreas. 12
Cuadro 2. Matriz de priorización de problemas. 15
Cuadro 3. Principales especies que compiten con el cultivo de caña. 31
Cuadro 4. Clasificación taxonómica de las especies determinadas en finca La Pinta por familia, género y especie. 51
Cuadro 5. Especies encontradas en finca La Pinta enlistadas de forma descendente según su valor de importancia dentro de la finca. 53
Cuadro 6. Interpretación y resultados del programa GS+® para las distintas especies. 56
Cuadro 7. Tratamientos evaluados, en la finca Agrícola del sur. 79
Cuadro 8. Análisis de varianza del % yemas brotadas 45 días después de la siembra. 80
Cuadro 9. Análisis de varianza del % yemas emergidas 45 días después de la siembra. 80
Cuadro 10. Tratamientos evaluados, en la finca Agrícola del sur. 87
Cuadro 11. Análisis de varianza del % yemas brotadas 50 días después de la siembra. 87
Cuadro 12. Análisis de varianza del % yemas brotadas 50 días después de la siembra. 88

DETERMINACIÓN BOTÁNICA Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS ESPECIES DE MALEZAS DE MAYOR IMPOTANCIA EN FINCA LA PINTA, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y APLICACIONES AÉREAS DEL INGENIO SANTA ANA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.

RESUMEN

El presente documento se realizó según los requerimientos del Ejercicio Profesional Supervisado –EPS-, conteniendo dentro del mismo la información del diagnóstico, investigación y servicios realizados en el departamento de investigación y aplicaciones aéreas del ingenio Santa Ana, ubicado en Escuintla, Guatemala.

La primera actividad fue elaborar un diagnóstico general sobre la situación actual del departamento de Investigación y aplicaciones aéreas, remarcando las actividades, responsabilidades individuales y todo lo que concierne a dicho departamento.

El Departamento de Investigación es el encargado de generar, validar y promover las prácticas en el manejo del cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum spp*) así como solución de problemas que se presenten al momento de la producción. Por lo tanto, al momento de realizar el diagnóstico se encontró que uno de los principales problemas es el manejo adecuado de malezas por ello se desarrolló la investigación “determinación botánica y distribución espacial de las especies de malezas de mayor importancia en finca ¨la pinta¨”.

Dentro de los servicios realizados se realizó un ensayo que consistía en la evaluación de seis tratamientos que contenían diferentes fertilizantes, que se aplicaron antes del corte de la semilla de caña de azúcar lo cual se quería evaluar si algún tratamiento aumentaba el porcentaje de brotación y emergencia en la semilla.

Por otro lado, se evaluaron cinco tratamientos de diferentes métodos de siembra con el fin de evaluar si el método de siembra afecta el porcentaje de brotación y emergencia de yemas.

1 CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO DEL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y APLICACIONES AÉREAS DEL GRUPO CORPORATIVO SANTA ANA, UBICADO EN EL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA, GUATEMALA.

1.1 PRESENTACIÓN

Guatemala es un país en donde la mayor parte de su territorio es ocupada por la agricultura, ocupando un 67 % del territorio nacional. Guatemala exporta varios productos dentro de los cuales destaca azúcar de caña, bananos, café, aceite de palma entre otros. La actividad económica que absorbe la mayor cantidad de fuerza de trabajo es la agricultura (30.7 %), siguiéndole en orden de importancia comercio (28.2 %). El sector azucarero se mide por el impacto social de sus actividades generando 82 mil empleos directos y 410 mil indirectos en Guatemala, esto se debe a que en Guatemala se cuenta con 12 ingenios en los cuales se encargan de procesar la caña de azúcar generando azúcar, melaza y energía eléctrica. Gran parte de su producción de azúcar es exportada y en menor cantidad el azúcar producido es para el mercado local, así como los demás productos y servicios generados del cultivo de caña de azúcar.

El grupo corporativo Santa Ana ubicado en el Km 64.5 carretera a Santa Lucía Cotzumalguapa, interior finca Cerritos, Escuintla. Es uno de los proveedores más importantes de caña de azúcar, produciendo alrededor de 6.8 millones de quintales de azúcar al año, teniendo a su cargo aproximadamente un área de 24,000 ha; dividida en siete regiones de producción para su manejo y control.

Debido a la cantidad de área bajo administración, la corporación está conformada por varias divisiones (recursos humanos, administrativa, industrial, informática, finanzas y la agrícola.) la división agrícola se subdivide por tres departamentos uno de ellos es el departamento de investigación y aplicaciones aéreas responsable de generar, validar y promover las prácticas en el manejo del cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum* spp).

El presente diagnóstico del Departamento de Investigación y Aplicaciones aéreas, identifica y describe las actividades a las cuales se dedica dicho departamento. Presenta la definición del problema, los objetivos, los resultados y la discusión de resultados y las conclusiones.

1.2 MARCO REFERENCIAL

1.2.1 Ubicación geográfica

El Grupo Corporativo Santa Ana está localizado en la finca Cerritos del municipio de Escuintla, del departamento del mismo nombre, las coordenadas son 14 ° 14 ’ 34.7 ’’ latitud norte y 90 ° 50 ’ 35.8 ’’ longitud oeste.

Está situado a 4.5 km del municipio de Escuintla y a una distancia de 65.6 km de la ciudad capital. Colinda al norte con las carreteras que conducen hacia el municipio de Santa Lucia Cotzumalguapa, al sur y al este con el municipio de Masagua, Escuintla y al oeste con la finca Rancho María.

1.2.2 Visión

Producir y comercializar azúcar, melaza y energía eléctrica a través del uso eficiente de nuestros recursos, generando desarrollo para mantenernos como una empresa competitiva y rentable en el mercado nacional e internacional (*Grupo corporativo Santa Ana, 2020).

1.2.3 Misión

Ser una de las organizaciones líderes en la agroindustria azucarera, comprometida con la sociedad y el medio ambiente, cuya eficiencia operativa y financiera genere bienestar para nuestros accionistas, colaboradores, clientes y proveedores (*Grupo corporativo Santa Ana, 2020)

1.2.4 Estructura

El ingenio se encuentra constituido por varias divisiones tales como: agrícola, recursos humanos, administrativa, industrial, informática y finanzas, para poder cumplir y llevar a cabo todas las actividades de operación para la producción y comercialización de la caña de azúcar (*Paz, 2010)

Para ver de una mejor forma las divisiones se presenta a continuación en la figura 1 un organigrama de la empresa:

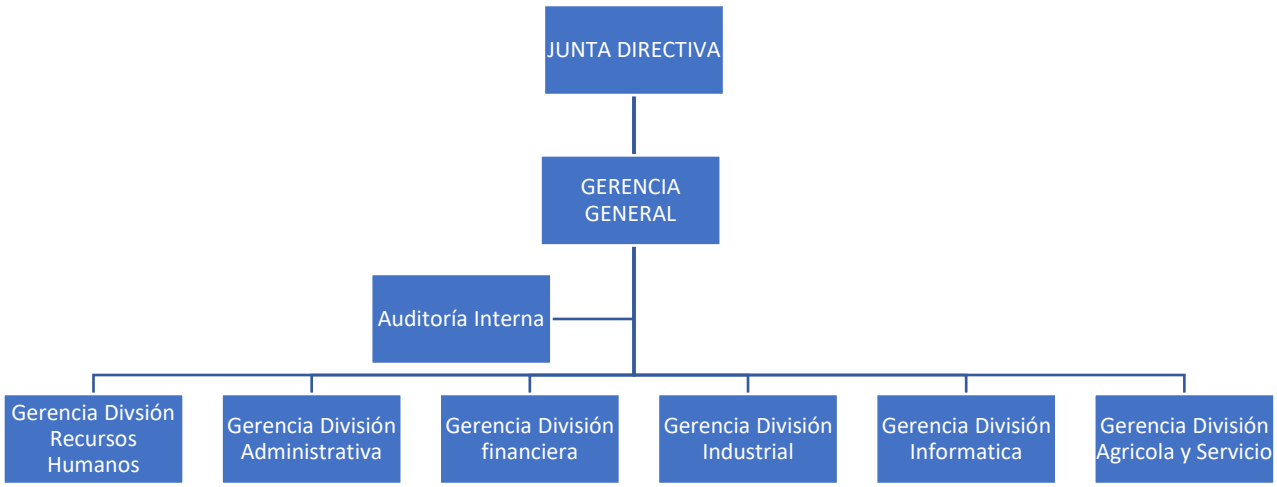


Figura 1. Organigrama del ingenio Santa Ana constituido en divisiones.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Conocer la situación actual del departamento de investigación y aplicaciones aéreas del grupo corporativo Santa Ana, ubicado en el departamento de Escuintla, Guatemala.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Conocer la estructura del departamento de investigación y aplicaciones aéreas del Grupo Corporativo Santa Ana.

2. Identificar las actividades y aportes que realiza el departamento de investigación y aplicaciones aéreas, del grupo corporativo Santa Ana.

3. Identificar los diferentes problemas que tiene el de departamento de investigación y aplicaciones aéreas.

4. Proponer un plan de servicios y tema de investigación según los problemas encontrados dentro del departamento.

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 Delimitar el sistema

El sistema de estudio en el ingenio Santa Ana, es el departamento de investigación y aplicaciones aéreas perteneciente a la división agrícola, en el cual se tomó en cuenta el rol que juega el departamento investigación dentro del ingenio, dicha fase se realizó a través de información primaria obtenida por el jefe del departamento.

1.4.2 Determinación de problemas del departamento

Los problemas del departamento de investigación y aplicaciones aéreas se identificaron por medio de un sondeo y un diálogo con las personas que pertenecen a dicho departamento.

1.4.3 Herramienta por utilizar

Para recolectar la información se realizó con la ayuda de entrevistas en las cuales se preguntó acerca de la historia del departamento, el rol que juega dentro del ingenio, y aportes que ha tenido para mejoras de la división agrícola reflejada en aumentos de producción de toneladas de azúcar por hectárea (TAH) así como toneladas de caña por hectárea (TCH).

A. Entrevista

Se entrevistó a las distintas personas que pertenecen al departamento de investigación y aplicaciones aéreas.

B. Sondeo

- Recorridos para el reconocimiento del área y sus alrededores.
- Identificación de informantes clave.
- Diálogo con las personas.
- Identificación de problemas observados

1.4.4 Matriz de priorización de problemas

Luego de obtener la información necesaria e identificar los problemas, se analizaron con una matriz de priorización de problemas con el fin de identificar el principal problema que se encontró en el departamento de investigación y aplicaciones aéreas.

1.4.5 Árbol de problemas

Teniendo los distintos problemas encontrados se empleó dicha técnica con el fin de analizar las causas y los efectos que se generan en los problemas encontrados para luego darles una solución.

1.5 RESULTADOS

Los resultados del diagnóstico se presentan a continuación, en el cual se analizó la información obtenida del departamento de Investigación y Aplicaciones Aéreas, grupo corporativo Santa Ana.

1.5.1 Estructura del departamento de planificación y control

La estructura del departamento se encuentra organizada como aparece en la figura 2.

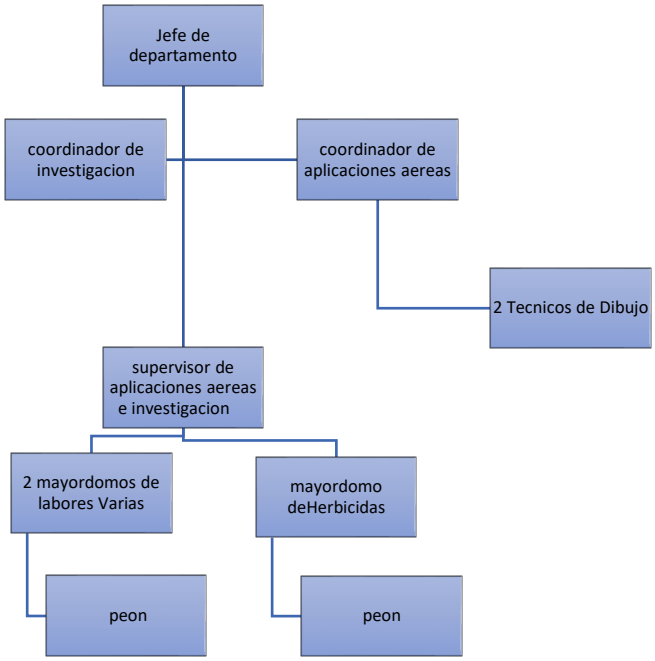


Figura 2. Estructura del Departamento de Planificación y Control.

1.5.2 Rol que juega el departamento de investigación y aplicaciones aéreas dentro del ingenio

El departamento de investigación y aplicaciones aéreas pertenece a la división agrícola. Este departamento es de suma importancia para la empresa, ya que tiene la gran responsabilidad de establecer ensayos en las distintas fincas con el fin de atender problemas que se presentan al momento de la producción, proponiendo trabajos de mejora y soluciones con fundamento técnico, así mismo la aplicación de madurantes en fincas que lo requieran con el fin de elevar la producción.

1.5.3 Historia del departamento

En el año de 1,985 surge el departamento, en un inicio solo era aplicaciones aéreas, el cual tenía como tarea la aplicación de madurantes a las fincas del ingenio, al inicio era de manera de investigación y pruebas ya que se empezaba a implementar dicha actividad con el fin de aumentar la productividad de toneladas de caña por hectárea. En el año de 1990 se sustenta y se observa que si tiene un efecto la aplicación de madurante por lo cual se aplica para todo el ingenio.

Para el año 2011 la empresa encargada de las aplicaciones aéreas presta el servicio de aplicaciones con GPS debido a que en un inicio al no contar con el apoyo de un GPS había traslape, al momento de la aplicación por lo que se sobre dosificaban los pantes afectando la planta al momento de la rebrotación. En el año 2012 se implementa un altímetro láser con el fin de evitar el cambio de dosis y estandarizar un área de aplicación.

En 2013 nace el área de investigación como una propuesta a la gerencia de la división agrícola ante la necesidad de poder sustentar eficiencias técnicas en la parte operativa y poder atender inquietudes y proponer trabajos que tengan fundamento técnico.

Como apoyo a la eficiencia de aplicaciones aéreas y otras labores en el 2013 se inició a trabajar con agricultura de precisión en el cual se utilizaban las imágenes de satélite lansat 8, con la ayuda de índices de vegetación se iniciaron aplicar dosis según fuera el estado de la planta en un lote específico, para el 2016 se implementó la taza variada en la cual las dosis variaba en un mismo pante con el fin de aplicar los cc / biomasa idóneos en los pantes.

Recientemente se inicia a utilizar las imágenes de satélite sentinel 2, en el cual el tamaño de píxel es menor por lo que se obtiene mayor precisión.

1.5.4 Aportes que ha realizado el departamento hacia el ingenio

- El ingenio en total cuenta con un área de 24,500 ha cultivadas con caña de azúcar de las cuales el área de aplicaciones aéreas, aplica un total de 15,000 ha al realizar la aplicación el rendimiento aumenta en 20 libras por tonelada de caña de las cuales 18 son ganancia ya que 2 libras son el costo del pago de la aplicación.

- La variedad pionera era la CP72-2086 la cual fue sustituida por la variedad CG-02163, ya que la variedad pionera decaía en producción en la tercera zoca, pues la nueva variedad tiene mayor producción y no decae la producción ya que se mantiene constante.

- Implementación de taza variada para aplicar cc / biomasa, idóneos para obtener el máximo rendimiento y evitar muerte de la planta.

- Proceso de investigación para reducción del 40 % - 50 % de semilla al momento de la siembra, para reducir semilleros obteniendo mayor área de producción, así como reducción de costos en cuanto a semillas.

- Apoyo en la decisión de cosecha.

1.5.5 Ensayos establecidos por el departamento de investigación

Las líneas en las que el departamento se enfoca en realizar investigaciones, es en madurantes, fertilización, floración, sistema de siembra, variedades y yemas. Estos ensayos están distribuidos en 164 lotes de las diferentes fincas pertenecientes al ingenio. En el

siguiente cuadro 1 se presenta el número de ensayos establecidos según sea el tema de investigación.

Cuadro 1. Total de ensayos establecidos por el departamento de investigación y aplicaciones aéreas.

Tema del ensayo:	Número de ensayos establecidos
Madurantes	70
Fertilización	31
Floración	10
Sistema de siembra	17
Variedades	25
Yemas	11

- Madurantes: Se tienen establecidos ensayos de glifosatos de distintas casas comerciales a diferentes dosis. Actualmente se inició a evaluar fertilizantes como madurante debido a restricciones que se tienen por parte de la FDA para poder importar azúcar hacía Estados Unidos.

- Fertilización: Los distintos ensayos establecidos son distintas dosis de nitrógeno con el fin de obtener la dosis optima de nitrógeno según sea la variedad estudiada. Así mismo se estudian la aplicación de zeolita y sílice para evaluar la resistencia de la caña a la sequía.

- Floración: Estos ensayos consisten en la evaluación de distintas dosis de inhibidores de floración. con el fin de identificar la dosis optima en el cual la caña inhibe el crecimiento evitando la floración.

- Sistema de siembra: Se tienen establecidos ensayos de distanciamiento de siembra, así como surcos dobles, con el fin de aumentar los rendimientos de caña por lote.

- Variedades: El Centro Guatemalteco de Investigación y capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA) trabaja constantemente en la producción de nuevas variedades con distintas modificaciones genéticas para evitar daño plagas, aumento de productividad, resistencia a sequias, entre otros aspectos. Se establecen dichos ensayos para identificar variedades que se adaptan a las regiones de cada ingenio.

- Yemas: Se evalúan toletes con distinta cantidad de yemas, con el fin de reducir 22 yemas por metro lineal ya que al reducir las yemas se reduce el área de semillero obteniendo mayor área productiva.

1.5.6 Principales problemas que se tienen en las fincas del ingenio, al momento de la producción

- Se desconoce la dosis optima de nitrógeno según sea la variedad, ya que cada variedad tiene un único requerimiento y no se puede tener un plan de fertilización general.

- Existen lotes de caña donde se dificulta realizar aplicaciones de riego, por lo que se buscan alternativas que hagan la caña de azúcar más resistente a la sequía.

- Hay variedades de caña que son de floración temprana, esto afecta el rendimiento de TCH si no se corta antes de la floración, por lo que se desea encontrar el tercio de corte adecuado y la altura que más se adapte.

- Actualmente existe restricción de utilizar glifosato como madurante de caña. Por ello se buscan alternativas para poder cumplir con dichas restricciones y mantener los rendimientos que actualmente se obtienen.

- De las labores que requiere el cultivo de caña, el control de malezas es una de las que mayor costo representa, para ello se debe tener conocimiento de las malezas que se encuentran dentro de las fincas, así como su distribución. Con el fin de generar planes de manejo eficientes y formulaciones adecuadas para reducir los costos en dicha labor. Por otro lado, el ingenio para mantener el mercado hacia Estados Unidos, en el cual debe cumplir con los nuevos criterios de la Food and Drug Administration (FDA) para poder exportar el azúcar. La nueva norma de la FDA restringe el uso de algunos ingredientes activos que actualmente se utilizan en las fincas.

- Actualmente el precio de la caña ha bajado considerablemente, por lo que se buscan alternativas para la reducción de costos en las labores, por ello se busca reducir la cantidad de yemas por metro lineal, con el fin de reducir costos en la producción de semilla y también poder reducir el área que se utiliza para producir semilla y utilizarla para la producción de azúcar.

- Existen semillas donde no todas brotan, por lo que se buscan soluciones para aumentar la brotación de yemas o los factores que afectan la brotación.

1.5.7 Matriz de priorización de problemas

Dentro del cuadro 2 se puede observar la matriz de priorización de problemas.

Cuadro 2. Matriz de priorización de problemas.

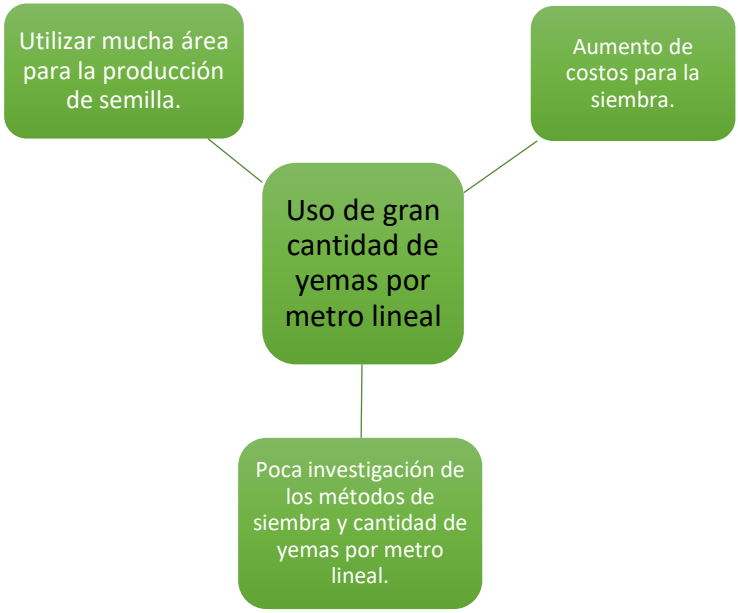
	Se desconoce la dosis de nitrógeno adecuada para las distintas variedades. (A)	El cultivo de caña de azúcar se ve afectado por las sequías. (B)	Se desconoce el tercio y la altitud, que mejor se adaptan las variedades de floración temprana. (C)	Restricción del uso de glifosato como madurante. (D)	Altos costos y restricción de moleculas para el control de malezas. (E)	Uso de gran cantidad de yemas por metro lineal. (F)	Bajo porcentaje de brotación de yemas. (G)
Se desconoce la dosis de nitrógeno adecuada para las distintas variedades. (A)		B	C	D	E	F	G
El cultivo de caña de azúcar se ve afectado por las sequías. (B)			C	D	E	F	G
Se desconoce el tercio y la altitud, que mejor se adaptan las variedades de floración temprana. (C)				D	E	F	G
Restricción del uso de glifosato como madurante. (D)					E	F	G
Altos costos y restricción de moleculas para el control de malezas. (E)						E	E
Uso de gran cantidad de yemas por metro lineal. (F)							G
Bajo porcentaje de brotación de yemas. (G)							

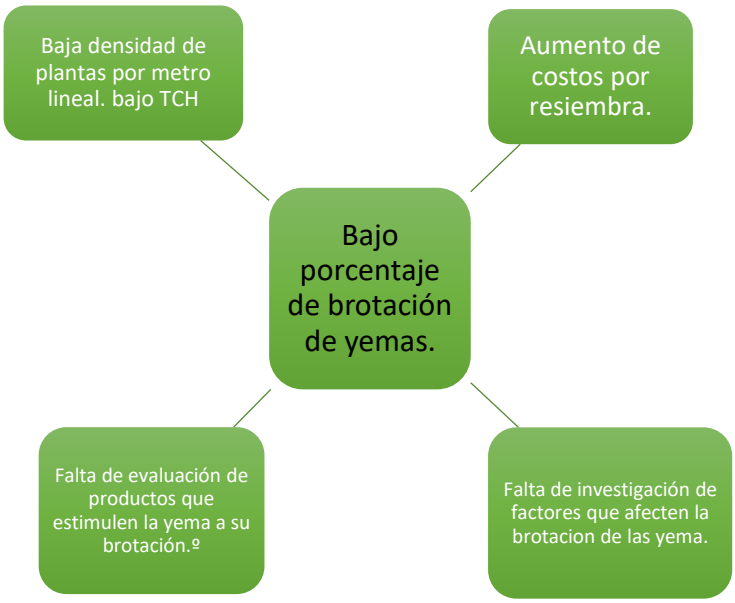
Los resultados de la matriz de priorización de problemas se pueden observar en el cuadro 3.

Cuadro 3. Resultado de matriz de priorización de problemas.

Opción	Punteo	%
A	0	0%
B	1	5%
C	2	10%
D	3	14%
E	6	29%
F	4	19%
G	5	24%
TOTAL	21	100%

1.5.8 ÁRBOL DE PROBLEMAS


Utilizar mucha área para la producción de semilla.
Aumento de costos para la siembra.
Uso de gran cantidad de yemas por metro lineal
Poca investigación de los métodos de siembra y cantidad de yemas por metro lineal.


Baja densidad de plantas por metro lineal. bajo TCH
Aumento de costos por resiembra.
Bajo porcentaje de brotación de yemas.
Falta de evaluación de productos que estimulen la yema a su brotación.º
Falta de investigación de factores que afecten la brotacion de las yema.

1.6 CONCLUSIONES

1. La estructura del departamento de investigación y aplicaciones aéreas está conformada por el jefe de departamento, 2 coordinadores, uno para el área de aplicaciones aéreas y el otro para el área de investigación, debajo de ellos existen 2 dibujantes, así como un supervisor el cual tienen a su disponibilidad 2 caporales uno para cada aérea y cada caporal tiene a su disposición peones.

2. El departamento de investigación y aplicaciones aéreas es el encargado de sustentar eficiencias técnicas en la parte operativa y poder atender inquietudes y proponer trabajos que tengan fundamento técnico por otro lado se encarga de las aplicaciones aéreas para las distintas regiones. El departamento ha realizado varios aportes dentro de los cuales resalta la implementación de aplicaciones aéreas con taza variada.

3. En el proceso de producción de caña de azúcar surgen problemas como los altos costos en el control de malezas, así como los costos que se generan por la gran cantidad de yemas que se utilizan por metro lineal y la baja brotación de yemas al momento de la siembra.

4. Luego de conocer las necesidades del departamento de investigación y aplicaciones áreas para solventar las inquietudes que se tienen en las fincas, surge como tema de investigación la determinación botánica y distribución espacial de las especies de malezas de mayor importancia en la finca La pinta. con el fin de aportar para la implementación de nuevas metodologías en el resto de las fincas, para generar formulaciones más específicas y eficientes que reduzcan los costos de dicha labor. Como temas de servicios se llevó a cabo la evaluación de distintos tratamientos que ayudan a aumentar el porcentaje de brotación y por último se evaluaron diferentes métodos de siembra de semilla, así como la cantidad de yemas por metro lineal con el fin de seleccionar el método de siembra más eficiente.

1.7 BIBLIOGRAFÍA

Grupo corporativo Santa Ana. (2020). *Introducción; misión y visión*. Consultado 8 sep. 2020. https://www.santaana.com.gt/web/guest/somos_santa_ana?p_p_id=15&p_p_action=1&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=&p_p_col_pos=0&p_p_col_count=0&

Paz Fong, P. D. (2010). *Determinación del coeficiente de uniformidad en los sistemas de riego por pivotes en caña de azúcar (Saccharum officinarum) y servicios prestados en la finca Bolivia del Ingenio Santa Ana, Escuintla* [Tesis Lic. Ciudad de Guatemala, Guatemala]

CAPÍTULO II: DETERMINACIÓN BOTÁNICA Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS ESPECIES DE MALEZAS DE MAYOR IMPOTANCIA EN FINCA LA PINTA DEL INGENIO SANTA ANA, ESCUINTLA, GUATEMALA, CA.

2.1 PRESENTACIÓN

El azúcar es un producto agroindustrial a nivel mundial, debido a sus diferentes usos en diversos alimentos y por su aporte fuerte en calorías de la dieta alimenticia. La industria azucarera ha crecido desde 1960 hasta ubicar a Guatemala como el quinto país exportador de azúcar a nivel mundial, el segundo en Latinoamérica y el tercer país con mayor productividad (TAH) a nivel mundial.

Para Guatemala la producción de azúcar es importante ya que genera alrededor de 82 mil empleos directos y 410 mil indirectos. La exportación de azúcar es una de las principales fuentes de divisas para el país.

El ingenio Santa Ana es una corporación que nace hace 53 años la cual se dedica a la producción de azúcar, así como melaza y generación de energía. El cultivo de caña al igual que otro tipo de cultivo requieren labores culturales, dentro de las cuales unas generan mayor costo que otras. Para el cultivo de caña las labores que mayor costo requieren es el riego, fertilización y el control de malezas.

El control de malezas en caña de azúcar representa actualmente, cerca del 80 % de los costos de mantenimiento del cultivo en caña. Esto hace necesario disponer de un plan de manejo que ofrezca un buen control de estas.

En la industria azucarera se buscan técnicas orientadas a disminuir los costos de producción, para ello se debe tener presente la distribución y comportamiento de las principales malezas que se encuentran dentro del área de producción.

Con este fin, en la finca La Pinta se realizó un estudio de determinación botánica de las especies encontradas dentro de la finca, así mismo muestreo de cobertura y densidad para determinación de las especies con mayor índice de valor de importancia, por último, se elaboraron mapas que representan la distribución espacial de las especies más importantes dentro de la finca.

2.2 JUSTIFICACIÓN

Finca La pinta del ingenio Santa Ana no dispone de un estudio que permita conocer la identidad botánica de las especies y su distribución espacial según tengan en base a su densidad y cobertura, un índice de valor de importancia que sobresalga entre todas las malezas identificadas en la zona.

El manejo que se les da a las malezas es a base de ingrediente activo de herbicidas que se han utilizado por años y ahora algunos de ellos restringidos por la FDA, actualmente se utilizan en la finca ingredientes activos como el acetoclor, imazapir, picloram, terbutrina y cletodium que son restringidos por la FDA.

Para el ingenio Santa Ana es indispensable cumplir con los criterios de la FDA ya que, si no se cumple con la normativa que la FDA impone, no puede ingresar el azúcar a los Estados Unidos debido a que se realizan pruebas en la cual se evalúa que no haya residuos de las moléculas no aprobadas por la FDA.

En la actualidad, el control de especies de malezas ha dejado de ser focalizado para convertirse en más general como consecuencia de no disponer de identificación y distribución de las especies que permita utilizar los ingredientes activos recomendados para su control y aprobados por la FDA, además de reducir los costos de producción.

2.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Finca La pinta perteneciente al ingenio Santa Ana, se dedica a la producción de caña (*Saccharum spp*.), en los últimos años el precio del azúcar ha bajado considerablemente, la cual hace menos rentable la producción, una estrategia para contrarrestar este efecto es reducir los costos de producción. La labor que representa el mayor costo de producción es el manejo de malezas, ya que según Espinoza (2018) el 80 % de gastos se realiza en herbicidas para el control de malezas, por otro lado, el ingenio para mantener el mercado hacia Estados Unidos actualmente debe cumplir con los nuevos criterios de la Food and Drug Administration (FDA) para poder exportar la azúcar. La nueva norma de la FDA restringe el uso de algunos ingredientes activos que actualmente se utilizan en la finca.

Para lograr reducción de costos en la labor y poder cumplir con los requisitos de la FDA, se debe iniciar por un estudio donde se tenga conocimiento de la identidad botánica de las malezas, así como mapas que representen su distribución dentro de la finca, con el fin de generar nuevas formulaciones utilizando ingredientes activos que vayan dirigidos a áreas donde se encuentre la maleza que se desea controlar y utilizar solo ingredientes activos aprobados por la FDA en las nuevas formulaciones.

2.4 MARCO TEÓRICO

2.4.1 Marco conceptual

2.4.1.1 Generalidades sobre malezas

Según Rodríguez (s.f.) las malezas son una forma especial de vegetación altamente exitosa en ambientes agrícolas: son poblaciones vegetales que crecen en ambientes perturbados por el hombre de forma intencional.

Una maleza desde el punto de vista agronómico es aquella especie vegetal que compite con plantas de interés para el hombre, lo cual no deja que dichas plantas se desarrollen, ya que compiten fundamentalmente por luz, agua y nutrientes. Reflejándose el efecto al momento de obtener las producciones esperadas ya que limita a la planta a desarrollarse y obtener altas producciones.

Las poblaciones de especies vegetales denominadas malezas son plantas no deseadas, que crecen en competencia con el cultivo. Puede decirse que una maleza es aquella planta que aparece dentro de un cultivo por su propia voluntad.

Malezas son todas aquellas plantas que bajo determinadas condiciones causan daño económico y social al agricultor. En el contexto agroecológico, las malezas son producto específico por el propio hombre desde el momento que comenzó a cultivar, ya que comenzó a alterar el suelo y el hábitat. (*Orgnización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia (FAO), 2006)

Para Martinez ovalle (1978) una maleza puede ser definida de diferente manera según la ciencia que la estudie. El criterio agronómico define las malezas como plantas no deseables, que crecen en competencia con el cultivo. De acuerdo con la ecología, el concepto de maleza no existe y la botánica económica define a las malezas como plantas a las que no se les ha encontrado utilidad alguna para el hombre.

2.4.1.2 Importancia del estudio de malezas

A. Monitoreo

Llevar a cabo un monitoreo en búsqueda de malezas, es una herramienta indispensable para tomar decisiones sobre realizar o no un control. El mismo permite no solo conocer la abundancia y distribución de la comunidad de malezas, sino también identificar las malezas que predominan en el lote. (*AgroSitio, Argentina, 2016)

B. Identificación

Para un manejo adecuado de las malezas es indispensable conocer las especies presentes, así como el nivel de infestación. La identificación de malezas, sobre todo perennes y parasíticas, debe ser precisa ya que dichas especies no suelen responder a las prácticas tradicionales de control. (*Labrada, Caseley, & Parquer, 1996)

La identificación de especies anuales es primordial, ya que, al conocer su nivel de infestación, así como la flora presente, se estará en mejor precisión para la selección del método a utilizar ya sea químico, manual, mecánico ó físico.

Según Sarmiento (2016) al identificar las malezas se logran aprovechar mejor los recursos, seleccionar el método de control adecuado, disminuir el impacto ambiental, tener conocimiento de incidencia de malezas, establecer un plan de manejo y saber la preferencia de las malezas con respecto a suelo y clima.

C. Muestreo

Para Matteucci & Colma, (1982) citado por Tenjo (2013), los muestreos de la vegetación tienen como objetivo: detectar patrones espaciales o verticales de las poblaciones, estudiar

los procesos poblacionales que los afectan, establecer correlaciones entre las influencias de la comunidad y del ambiente sobre la distribución de la población objeto.

Por otro lado, Fuentes (1986) indica que los objetivos del muestreo de malezas son: estudios auto ecológicos, estudios de producción y estudios de efectos de prácticas de manejo.

Los estudios auto ecológicos indican la existencia o posesión de características fisiológicas, morfológicas y etológicas que son adecuadas para que una especie sobreviva bajo las condiciones abióticas o bióticas en que vive. Por otra parte, un muestreo es indispensable para evaluar la efectividad de prácticas de manejo que se implementen. Así mismo con la ayuda de los muestreos identificamos que tanta interferencia tienen las malezas con el cultivo, logrando establecer umbrales económicos en los cuales podemos llegar a estimar en qué punto las malezas nos puede llegar a afectar las producciones.

En tanto para Leguizamón (2005), los objetivos son: detectar presencia y abundancia de malezas, obtener información para tomar decisiones de manejo, construir la "historia" del lote con el fin de elaborar planes de manejo, detectar el ingreso de especies invasoras y proveer datos para la construcción de mapas que sirvan de base para la agricultura de precisión y el manejo de insumos para un área determinada.

Los niveles exactos de infestación son indispensables para aquellas áreas donde se aplica el criterio de umbral económico (*Labrada, Caseley, & Parquer, 1996).

Ya que un umbral económico es establecer un punto en el cual el cultivo tolere la convivencia con las malezas sin generar mermas en la producción, es por ello que tener el dato de la infestación de malezas aporta mucho para mejorar costos de producción ya que no se generan gastos innecesarios al realizar labores de control en momentos no requeridos por el cultivo.

2.4.1.3 Interferencia de malezas con el cultivo de caña de azúcar

Espinoza (2012) lo describe como la suma de presiones que sufre el cultivo de caña en presencia de una especie de maleza en el ambiente común. Las malezas tienen la capacidad de competir por recursos limitantes del medio (principalmente agua, luz y nutrientes), por liberar sustancias alelopáticas, hospedar plagas y enfermedades, y sobre todo afectan los rendimientos de cultivo disminuyendo el número de cortes de la plantación.

La interferencia de diferentes especies de malezas en el cultivo de caña está ligada a la dispersión espacial, así como el comportamiento que dichas especies pueden tener según sea la zona agroecológica, ya que dependiendo de donde estas se desarrollen así será el periodo de competencia y la época de ocurrencia. (*Espinoza, 2012)

El grado de interferencia depende entre otros factores de la duración del periodo de competencia y de la época de ocurrencia, modificados por factores edáficos y climáticos y por factores de manejo. Aunque es importante mencionar que el propio cultivo tiene la capacidad de limitar el desarrollo de las malezas, principalmente por medio de la sombra. (*Patzán Boch, 2015)

2.4.1.4 Periodos críticos de interferencia de malezas en el cultivo de caña

Según Sarmiento (2014) El periodo crítico indica la duración o extensión posible (en días o etapas fenológicas) en la cual la presencia de las malezas causa una disminución significativa en el rendimiento potencial del cultivo, estos períodos coinciden con los periodos de mayor requerimiento de agua y nutrientes. Para el caso de la caña de azúcar indica que el periodo crítico es de 120 días.

Según Espinoza (2012) el cultivo de caña se ve afectado por tres periodos críticos de interferencia de malezas dentro de los cuales son:

A. Periodo anterior a la interferencia (PAI)

Este se da después del corte o siembra, en un periodo de 15 días en donde la caña de azúcar brota en compañía de las malezas, pero las malezas no interfieren en la producción final de tallos.

B. Periodo total anterior a la interferencia (PTPI)

Periodo de 135 días en el cual la caña de azúcar está en la etapa de brotación y debe permanecer libre de malezas para evitar pérdidas significativas de producción.

C. Periodo crítico de prevención a interferencia (PCPI)

Periodo desde los 15 días hasta los 135 donde los métodos de control deben actuar para evitar mermas en la producción. Espinoza (2009) indica que lo ideal en el cultivo de caña azúcar es realizar muestreos de malezas entre los 40 y 45 días luego del corte.

2.4.1.5 Listado de malezas más comunes en la zona cañera

Estudios previos por Patzan (2015) determino el valor de importancia de las malezas que interfieren con la caña de azúcar, determinó las principales especies vegetales que compiten con el cultivo de caña, según el cuadro 3.

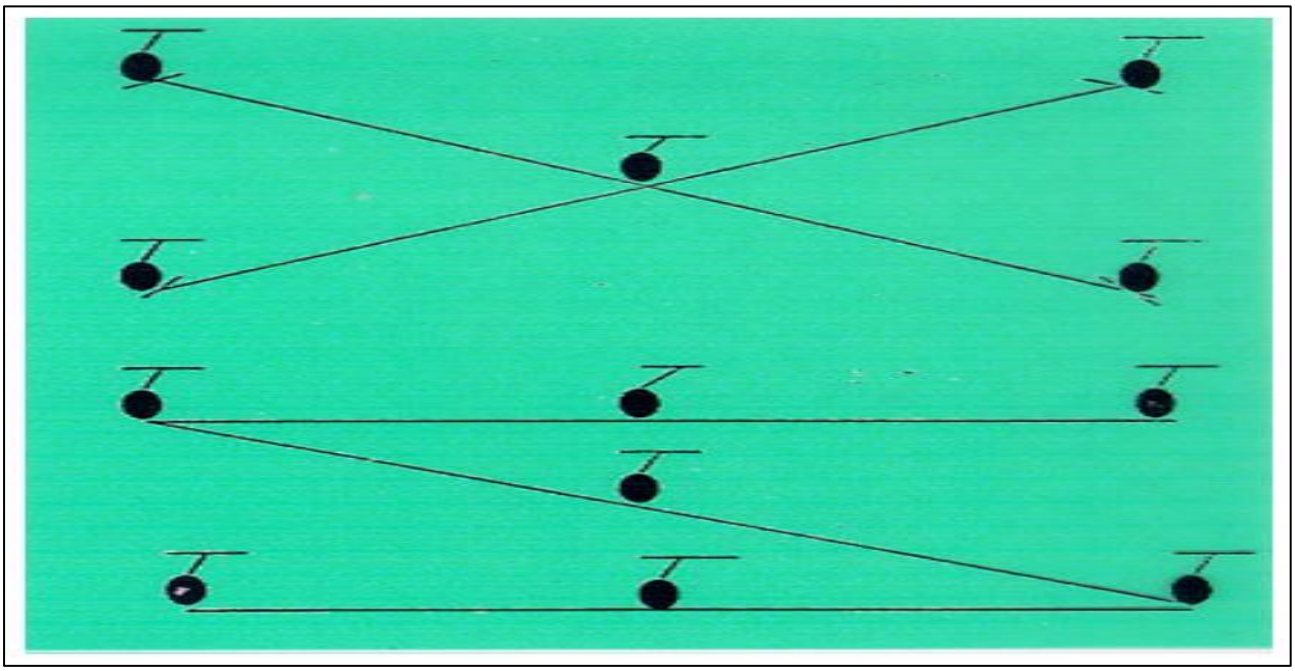
Cuadro 3. Principales especies que compiten con el cultivo de caña.

1. *Mollugo verticillata* L.	*16. Sida rhombifolia* L.
2. *Trianthema portulacastrum* L.	*17. Oxalis frutescens* L.
3. *Amaranthus spinosus* L.	*18. Kallstroemia maxima* L. Hook. *& Arn.*
4. *Drymaria cordata* L. Willd. ex Schult.	*19. Portulaca oleracea* L.
5. *Ipomoea purpurea* L. Roth	*20. Cleome affinis* DC.
6. *Euphorbia hirta* L.	*21. Momordica charantia* L.
7. *Euphorbia hypericifolia* L.	*22. Philodendron spp.*
8. *Euphorbia prostrata* Aiton.	*23. Commelina diffusa* Burm. f.
9. *Euphorbia heterophylla* L.	*24. Commelina erecta* L.
10. *Astraea lobata L.* Klotzsch	*25. Cyperus rotundus* L.
11. *Phyllanthus niruri* L.	*26.Cynodon dactylon* L. Pers.
12. *Rottboellia cochinchinensis* L. Clayton	*27. Digitaria eriantha* subsp. Pentzii (Stent) Kok
13. *Tricholaena teneriffae* L.f Link	*28. Sorghum halepense* L. Pers
14. *Echinochloa colona* L. Link	*29. Panicum maximun* Jacq.
15. *Eleusine indica* L. *Gaertn.*	

Fuente: (*Patzán Boch, 2015)

2.4.1.6 Muestreos convencionales para poblaciones de malezas

Según Fuentes (1986) de manera convencional se acostumbra a tomar un número de cuadros distribuidos al azar en el campo, muestreos sistemáticos como transectos en forma de “Equis”, “Zigzag” como se muestra en la figura 3 o en algunos casos muestreos uniformes en forma de grilla o red rígida como se muestra en la figura 4, registrando variables como densidad, cobertura y frecuencia de las diferentes especies de malezas encontradas.



Fuente (*Bernier Villarroel, 2017)

Figura 3. Muestreo en equis y zigzag.

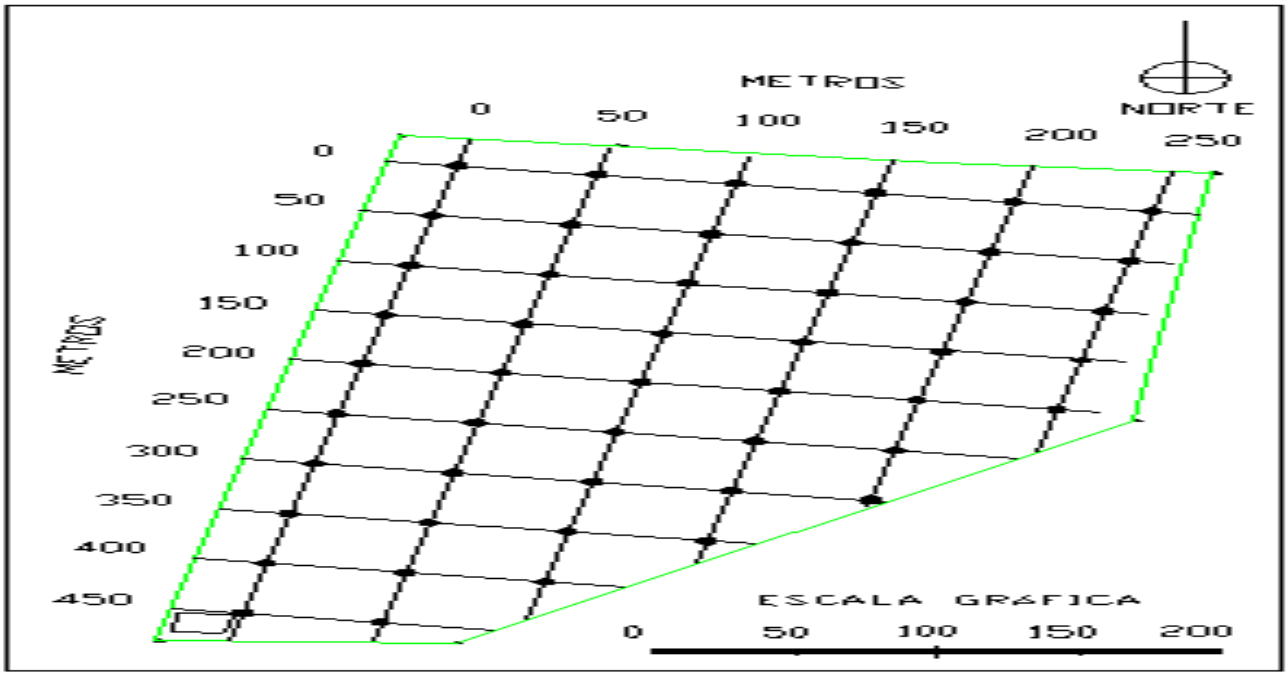


Figura 4. Muestreo en grilla.

(*Jamaica Tenjo, 2013) dice que las metodologías convencionales asumen que las poblaciones de malezas tienen un patrón definido en este caso una distribución homogénea o aleatoria en el espacio, pero esto no es así ya que según el existen numerosos estudios, donde indica que las poblaciones de malezas son distribuidas en parches.

Para obtener buenos resultados en un estudio de malezas y detectar bien los patrones de malezas es conveniente hacer muestreos sistemáticos y uniformes (grillas). Ya que al utilizar los otros métodos se puede sobre o subestimar las variables medidas, obteniendo al final mapas no apegados a la realidad. (*Jamaica Tenjo, 2013)

2.4.1.7 Índice de valor de importancia

El índice de valor de importancia es un parámetro que mide la dominancia de las especies, a partir de cobertura, densidad y frecuencia. Este valor revela la importancia ecológica relativa de cada especie en una comunidad vegetal.

El valor de importancia es un buen descriptor comparado los parámetros individualmente, para ello es indispensable transformar los datos de cobertura, densidad y frecuencia a valores relativos, el índice de valor de importancia define cuáles de las especies presentes es la más predominante.

Este índice es muy utilizado en poblaciones de especies vegetales, ayudando a clasificar una comunidad de forma descendente desde las más eficientes hasta la menos eficiente, en aprovechar la energía del sistema. La determinación de este índice depende del cálculo de un área mínima de muestreo, la cual varía en función del cultivo y la topografía, y del tamaño de la muestra la cual es dependiente de la distribución de las especies en el campo.

A. Área mínima de muestreo

Algo indispensable es tener el conocimiento del área mínima de muestreo según el cultivo que se estudie o realizar la metodología Relevé para obtener dicho dato. Investigaciones realizadas por Patzan (2015) y Lemus (2011) determinaron que el área mínima de muestreo en cultivos de caña de azúcar es de un metro cuadrado.

B. Determinación del tamaño de la muestra

Se han realizado investigaciones relacionadas al tema de la determinación del tamaño de la muestra, según Estrada (2013) establece que el número de puntos a tomar en los lotes de fincas cañeras es de un punto cada cuatro hectáreas a muestrear, por otro lado en base a los estudios de distribución de especies de malezas ya establecidos por (*Rincones, 1984) y así mismo también (*Ordoñez & Milanés, 2006) en el comportamiento espacial de malezas en caña de azúcar indican lo mismo.

2.4.1.8 Geoestadística

En la década de 1950, el ingeniero de minas Danie G. Krige. y el estadístico Herbert Sichel, desarrollaron empíricamente una técnica propia para estimar el cálculo de las reservas minerales de Witwatersrand en África del sur. Al finalizar el trabajo concluyeron que la información dada por la varianza era insuficiente para explicar el estudio. Con base a esa información el ingeniero francés Matheron desarrolló la teoría de las variables regionalizadas, o sea, variables que consideran la dependencia espacial, las que tienen un comportamiento espacial. A partir de ahí, surge el concepto de geoestadística, que lleva en consideración la localización geográfica y la dependencia espacial.

La geoestadística fue empleada para hacer estimaciones de reservas minerales, hasta 1968. Posteriormente, entre 1968 y 1970, fue desarrollada la teoría universal del Krigeaje o Krigeado (del francés Krigeage, nombre introducido por Matheron en homenaje a Krige), para la aplicación en la cartografía submarina, cuyos datos presentaban tendencia sistemática. En 1972, Matheron creo la teoría intrínseca de orden K, aplicada a meteorología. Posteriormente la geoestadística se extendió por diferentes áreas, entre ellas, climatología, geología ambiental, geotecnia, hidrogeología, agricultura y epidemiologia (*Yoc Pérez, 2018)

La geoestadística es una rama de la estadística que trata fenómenos espaciales, su interés primordial es la estimación, predicción y simulación de dichos fenómenos. Esta herramienta ofrece una manera de describir la continuidad espacial, que es un rasgo distintivo esencial de muchos fenómenos naturales, y proporciona adaptaciones de las técnicas clásicas de regresión para tomar ventajas de esta continuidad (*Yoc Pérez, 2018)

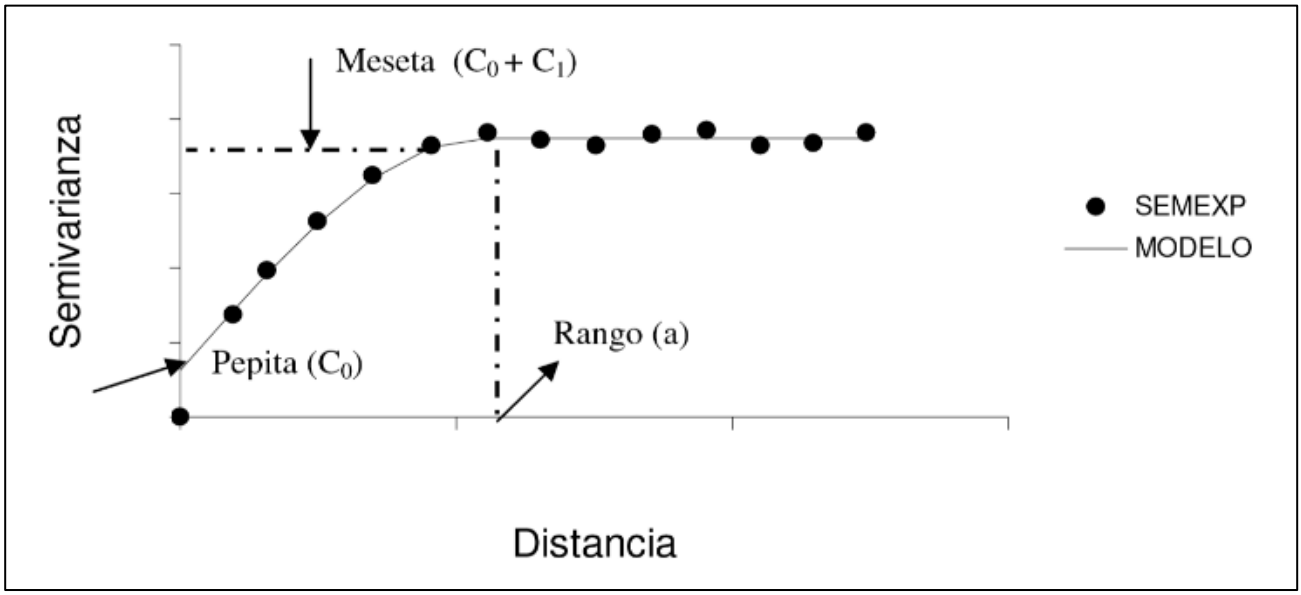
La geoestadística opera básicamente en dos etapas. La primera es el análisis estructural, en la cual se describe la correlación entre puntos en el espacio. En la segunda fase se hace predicción, (interpolación) en sitios de la región no muestreados utilizando uno de los diferentes métodos que existen para la interpolación.

A. Aspectos importantes de la primera etapa (análisis estructural) de geoestadística

a. Dependencia espacial

La primera etapa en el desarrollo de un análisis geoestadístico es la determinación de la dependencia espacial entre los datos medidos de una variable. Esta fase es también conocida como análisis estructural. Para llevarla a cabo, con base en la información muestral, se usa la función del semivariograma (*Giraldo Henao, 1993)

Para Guimarães (2004, citado en Yoc, 2018) el semivariograma es una herramienta que permite verificar y modelar la dependencia espacial de la variable a medir. Los parámetros del semivariograma son utilizados para interpretar el fenómeno de la variable a medir (Z), representados en la figura 5.



Fuente (*Giraldo Henao, 1993)

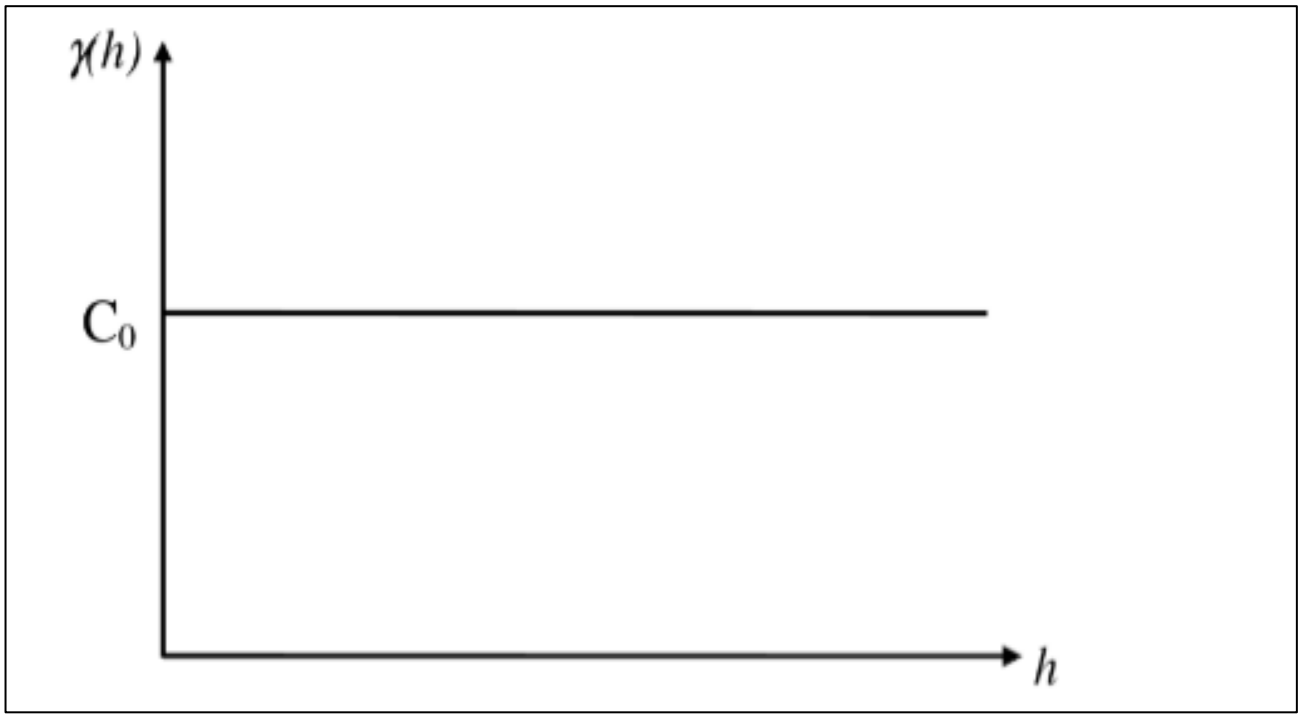
Figura 5. Semivariograma.

b. Efecto pepita

Se denota por C0 y representa una discontinuidad puntual del semivariograma en el origen puede ser debido a errores de medición en la variable o a la escala de la misma. En algunas ocasiones puede ser indicativo de que parte de la estructura espacial se concentra a distancias inferiores a las observadas. (*Giraldo Henao, 1993)

c. Pepita puro

Es indicativo de carencia de correlación espacial entre las observaciones de una variable. Se representa como en la figura 6.



Fuente (*Giraldo Henao, 1993)

Figura 6. Efecto pepita puro.

d. Rango

En términos prácticos corresponde a la distancia a partir de la cual dos observaciones son independientes es decir no tienen relación alguna por lo que a partir de allí los datos por el modelo no serán confiables. El rango se interpreta como la zona de influencia. Se representa como (a) en la figura 5. (*Giraldo Henao, 1993)

e. Meseta

Es la cota superior del semivariograma en el cual en algunos casos se estabilizan los datos. La meseta puede ser o no finita. Representada como (CO+ C1) en la figura 5. (*Giraldo Henao, 1993)

f. Anisotropía e isotropía

Cuando una correlación entre los datos no depende de la dirección en la que esta se calcule se dice que el fenómeno es isotrópico, en caso contrario se hablará de anisotropía. (*Giraldo Henao, 1993)

2.4.1.9 Generador de modelos (GS+®)

El software GS+® fue desarrollado en 1988 por la empresa *Gamma Design Software*, y es un programa integral de geoestadística. GS+® realiza el análisis de autocorrelación llamado variografía o análisis de semivarianza, este software mide el grado de auto similitud espacial mediante variogramas. Ajusta una curva al variograma generando una ecuación que la describa los datos analizados, llamado modelo de variograma, que se utiliza para predecir ubicaciones no muestreadas mediante un software de interpolación kriging. (*Yoc Pérez, 2018)

A. Variables a interpretar para la evaluación del modelo generado por el software (GS+®)

a. Sumas residuales de cuadrados

Proporciona una medida exacta de qué tan bien el modelo se ajusta a los datos del variograma; cuanto menor sea el dato mejor se ajustan los datos al modelo generado por el software y por consiguiente es confiable utilizar el modelo para la generación de mapas. (*Robertson, G. P., 2008)

b. R^2

Proporciona una indicación de qué tan bien el modelo se ajusta a los datos del variograma, mientras más tiende 1 los datos se ajustan mejor mientras que para el caso contrario cuando tiende a 0 los datos no se ajustan al modelo. (*Robertson, G. P., 2008)

c. Proporción C / (Co + C)

Este estadístico proporciona una medida de la proporción de varianza maestral (Co + C) que se explica por la varianza espacialmente estructurada C. Este valor será 1.0 para un variograma sin variación de pepita (donde la curva pasa por el origen); por el contrario, será 0 donde no hay espacialmente variación dependiente en el rango especificado, es decir, donde hay un efecto de pepita puro. (*Robertson, G. P., 2008)

2.4.1.10 ArcGIS® Geostatistical Analyst

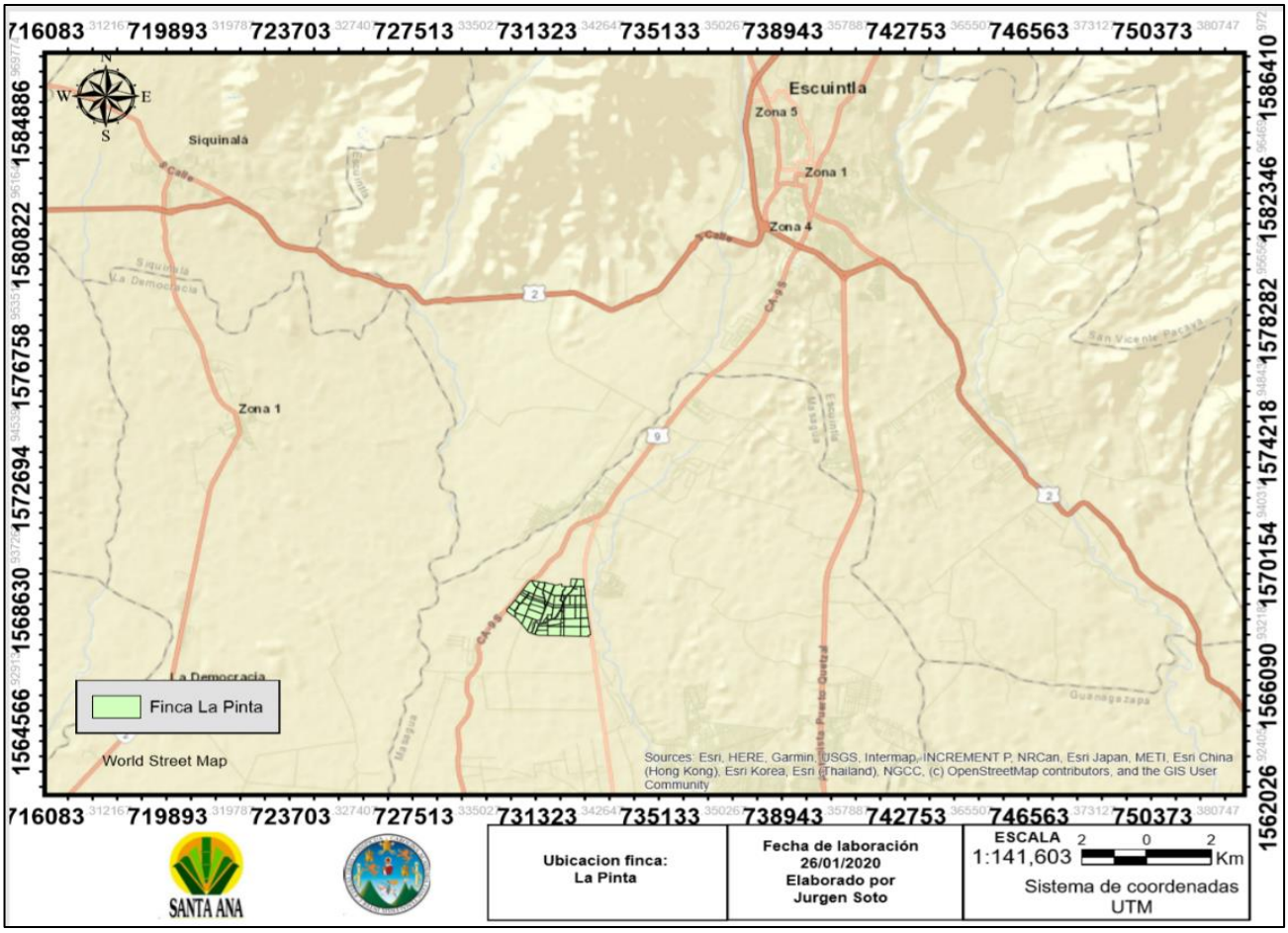
El programa fue desarrollado por *Environmental Systems Research Institute* (ESRI). La empresa fundada por Jack Dangermond en 1969 que en sus inicios se dedicaba a trabajos de consultoría del territorio. Actualmente desarrolla y comercializa software para Sistemas de Información Geográfica y es una de las compañías líderes en el sector a nivel mundial. Tiene su sede en California, Estados Unidos de Norte América. (*Yoc Pérez, 2018)

El módulo de geoestadística permite generar superficies óptimas a partir de muestreo y evaluar predicciones para una mejor toma de decisiones, útiles para el análisis de datos atmosféricos, exploración de petróleo y minería, análisis ambiental, agricultura de precisión y estudios de peces y fauna silvestre. (Ibíd, p. 9)

2.4.2 Marco referencial

2.4.2.1 Ubicación geográfica

La investigación se realizó en finca La Pinta perteneciente al ingenio Sana Ana, se encuentra ubicada en el municipio de Masagua, Escuintla. Estando en el departamento de Escuintla se utiliza la ruta CA9 desviándose para tomar la ruta CA9A encontrando el municipio de Masagua a 2.5 km se encuentra el ingreso a la finca. La Pinta está localizada entre las coordenadas que se aprecian en la figura 7.



Fuente: elaboración propia (2021)

Figura 7. Ubicación geográfica de finca La Pinta.

2.4.2.2 Zona Agroecológica (ZAE)

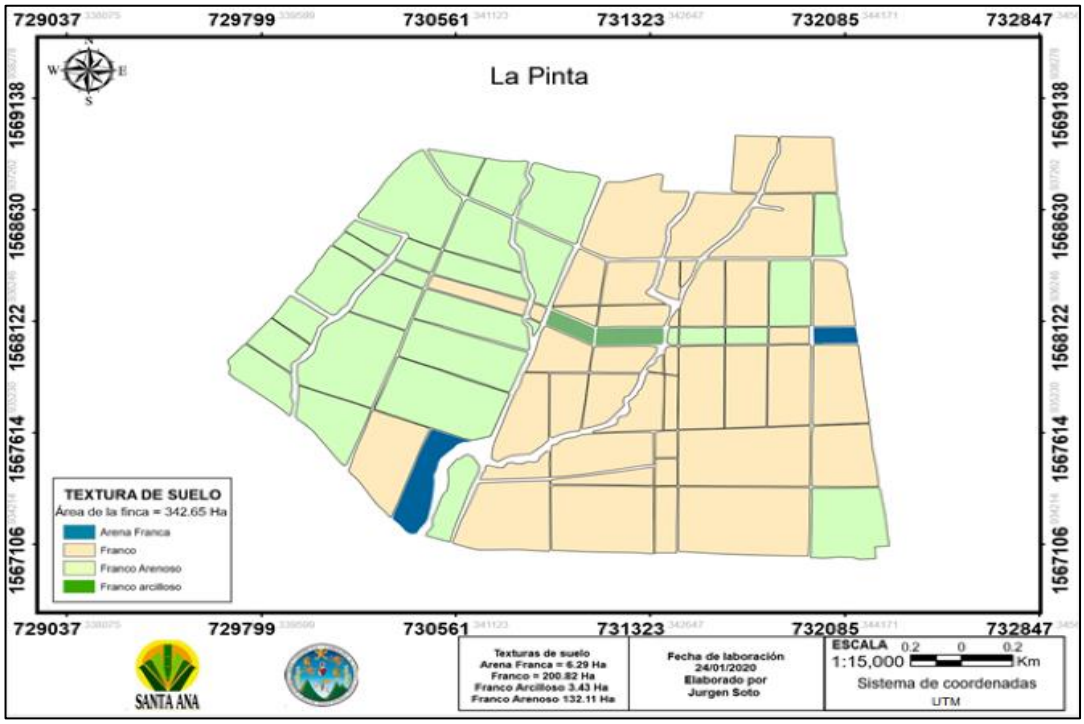
La zonificación agroecológica se obtuvo de la interacción de dos capas geográficas correspondientes al tipo de suelos y grupo de isobalances generados por el Centro Guatemalteco de Investigación y capacitación de la caña (CENGICAÑA). Finca La Pinta se encuentra en la ZAE 7, con precipitaciones anuales que oscilan entre 1,500 mm a 2,000 mm, se encuentra ubicado en la zona baja (40 m s.n.m. - 100 m s.n.m.) de la zona cañera, el periodo seco (ausencia de lluvias) ocurre entre el 30 de octubre y el 5 de mayo. (185 días) (*Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña deAzúcar, Guatemala (CENGICAÑA), 1996)

2.4.2.3 Manejo de malezas en finca La pinta

Actualmente existen diecinueve fórmulas de moléculas de herbicidas que se han usado desde hace varios años. El lote de la finca tiene un registro de su fórmula que se le asignó en un tiempo atrás y hoy en día no se ha actualizado si la fórmula es adecuada a las malezas que existen en el lote, el manejo por lote es totalmente diferente para todos.

2.4.2.4 Texturas de suelo

La finca cuenta con 366.93 ha de cultivo, distribuidas en 4 clases texturales dentro de las cuales encontramos: arena franca (6.29 ha), franco (área 200.82 ha), franco arcilloso (área 3.43 ha) y franco arenoso (área 132.11 ha), la distribución de las clases texturales dentro de la finca se pueden apreciar en la figura 8.



Fuente: elaboración propia (2021)

Figura 8. Clases texturales en finca La pinta.

2.5 OBJETIVOS

2.5.1 Objetivo general

Desarrollar un estudio de determinación botánica y distribución espacial de las malezas con mayor índice de valor de importancia en finca La Pinta del ingenio Santa Ana, Escuintla, Guatemala, C.A

2.5.2 Objetivos específicos

1. Determinar la identidad botánica de las especies de malezas encontradas dentro de la finca.

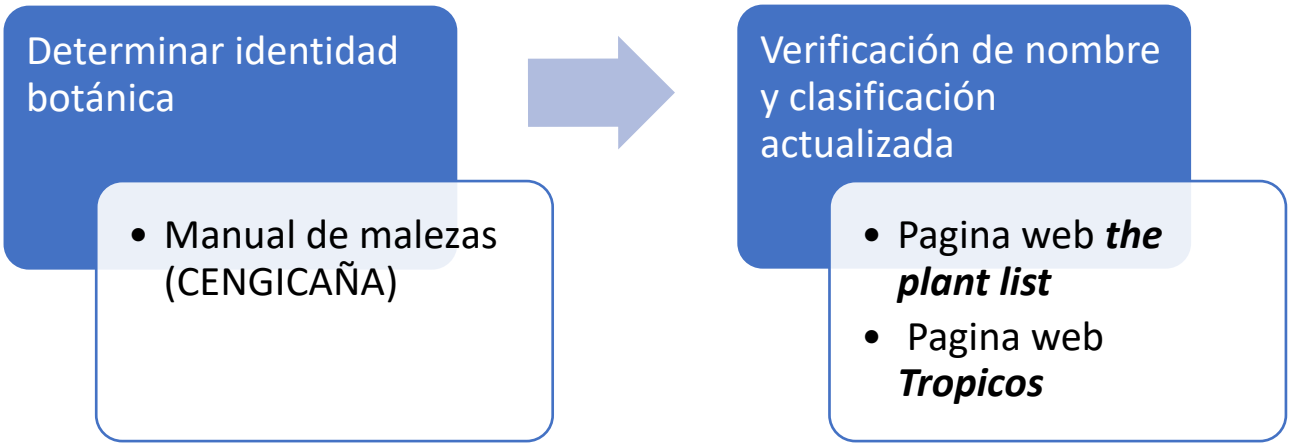
2. Identificar las especies de malezas con mayor índice de valor de importancia (VI).

3. Generar mapas de distribución espacial para las especies de malezas que poseen un modelo con una buena dependencia espacial.

2.6 METODOLOGÍA

2.6.1 Metodología para determinar la identidad botánica de las especies de malezas encontradas dentro de la finca

La metodología para la determinar la identidad botánica de las especies encontradas en la finca La Pinta se presenta en la figura 9.



Fuente: elaboración propia (2021)

Figura 9. Metodología para la determinación de especies.

2.6.1.1 Determinar identidad botánica

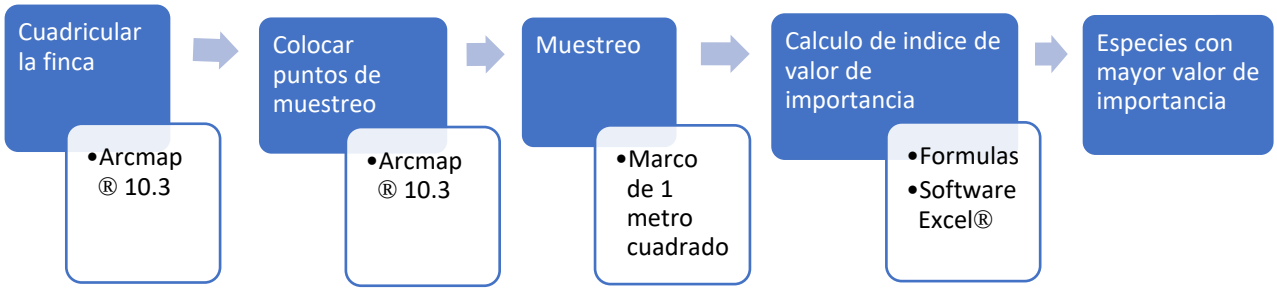
Al momento de la recolección de datos en cada punto de muestreo con la ayuda del manual elaborado por CENGICAÑA se compararon las especies de la finca con las del manual para conocer la identidad de las especies.

2.6.1.2 Verificación de nombre y clasificación actualizada

Teniendo la identidad botánica de las de las especies, con la ayuda de la página *The plant list* se verificó si el nombre científico que actualmente tienen dichas especies es el actualizado, ya que con el paso del tiempo existen cambios en las clasificaciones de especies de plantas.

2.6.2 Identificación de las especies de mayor valor de importancia dentro de la finca, mediante el cálculo de Valor de Importancia (VI)

La metodología para identificar las especies con mayor valor de importancia se representa en la figura 10.

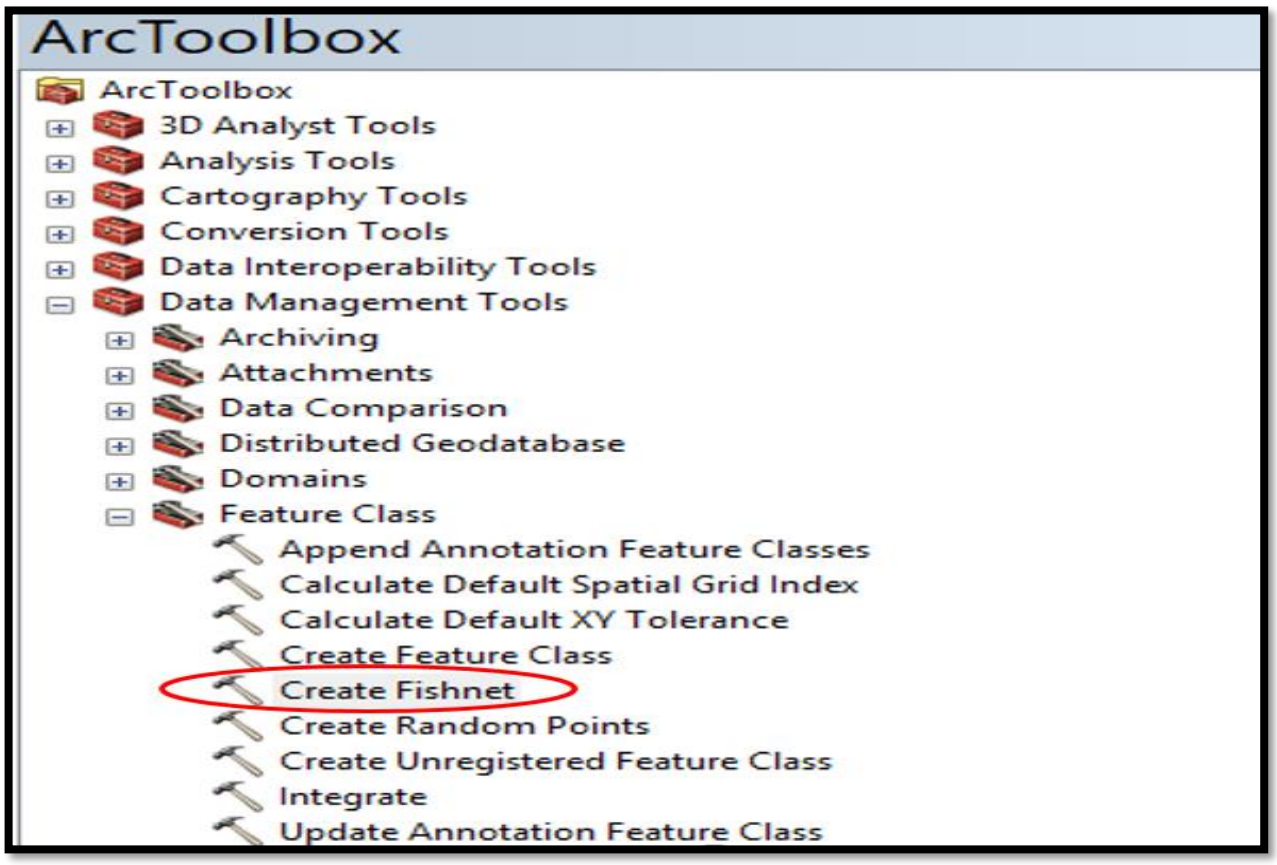


Fuente: elaboración propia (2021)

Figura 10. Metodología para identificación de especies como mayor valor de importancia.

2.6.2.1 Cuadricular la finca

Para realizar muestreos dentro de la finca se utilizó el método de grilla o cuadricula colocando un punto de muestreo cada 4 ha, usando para ello el software ArcGis® con la ayuda de la herramienta créate *fishnet*. La cual se observa en la figura 11.

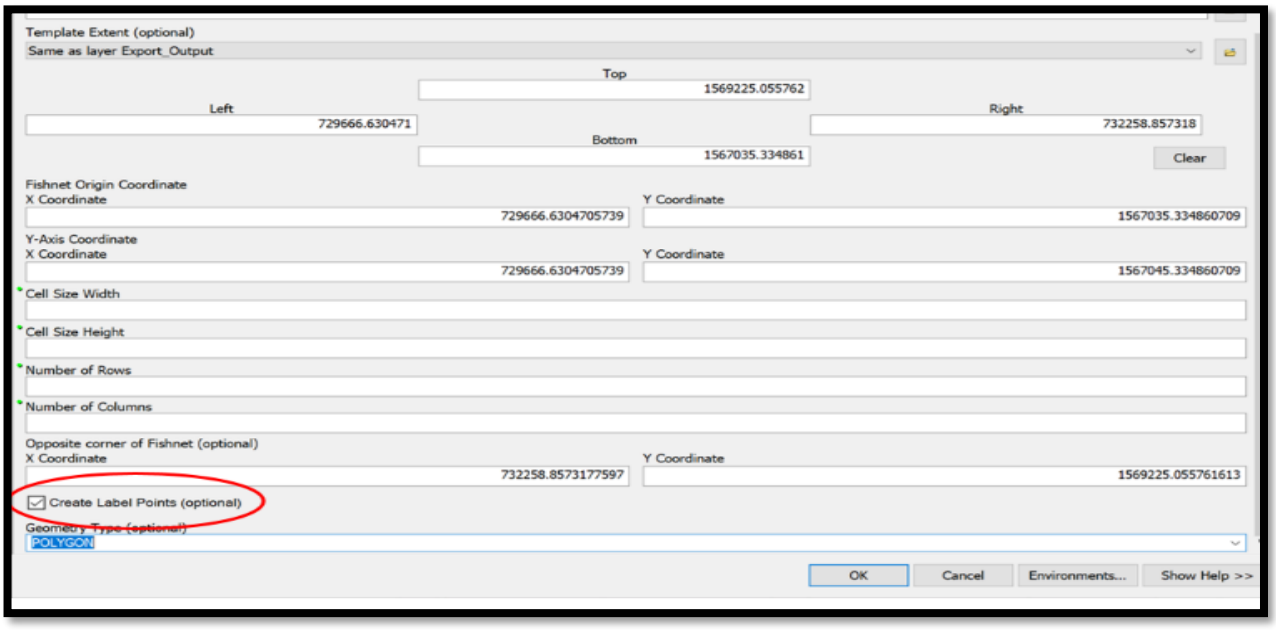


Fuente: elaboración propia (2021)

Figura 11. Ubicación de herramienta créate fishnet en la caja de herramientas del programa ArcGis®.

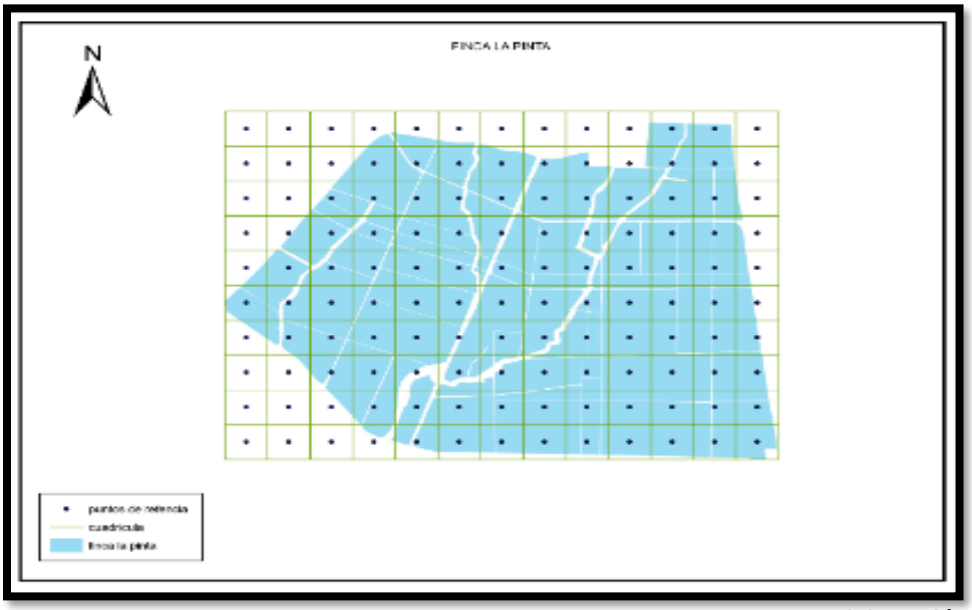
2.6.2.2 Puntos de muestreo

Los puntos se colocaron al centro de cada cuadro como se observa en la figura 13 para ello dentro de la herramienta *Create fishnet* se habilita la opción *Create label point* para obtener un punto al centro cada cuadro, la pestaña que aparece se puede apreciar en la figura 12 la cual esta con rojo la opción que habilita esta función.



Fuente: elaboración propia (2021)

Figura 12. Pestaña de la herramienta fishnet con la opción créate label point remarcada de rojo.



Fuente: elaboración propia (2021)

Figura 13. Resultado de habilitar la opción créate label point.

2.6.2.3 Muestreo

Se utilizó el mapa generado anteriormente para la identificación de especies, con la ayuda de un móvil y la aplicación Avenza Maps® se logró ubicar los puntos de muestreo colocados anteriormente.

El muestreo se realizó luego de 45 días del corte. Colocando un marco de tubo PVC con medidas de 1 m x 1 m tomando la densidad y cobertura para cada especie que se encuentre dentro del punto de muestreo.

2.6.2.4 Cálculo de valor de importancia

Teniendo el registro de los puntos de muestreo en el software Excel® se procedió a realizar el cálculo de índice de valor de importancia.

A. Fórmulas para el cálculo de densidad real, cobertura y frecuencia real

Para obtener el valor de importancia, se realiza inicialmente el cálculo de densidad real, cobertura y frecuencia real para ello se utilizan las fórmulas que se muestran a continuación.

- $D_{real} = \frac{\sum_{i=1}^{n} di}{n}$
- $C_{real} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Ci}{n}$
- $F_{real} = \frac{100\ a}{n}$

n= Número de unidades muestréales.
a= Número de unidades muestréales en que está presente cada especie.

B. Fórmulas para el cálculo de densidad relativa, cobertura y frecuencia relativa

Teniendo el resultado de la densidad, cobertura y frecuencia real, se procede a realizar el cálculo de la densidad, cobertura y frecuencia relativa para ello se hace uso de las siguientes formulas.

- $D_{relativa}=\frac{D_{real}}{\sum D_{reales}}\ X\ 100$
- $F_{relativa}=\frac{F_{real}}{\sum F_{reales}}\ X\ 100$
- $C_{relativa}=\frac{C_{real}}{\sum C_{reales}}\ X\ 100$

C. Fórmula para el cálculo de valor de importancia

Finalmente teniendo el resultado de la densidad, frecuencia y cobertura relativa se realiza el cálculo de valor de importancia, para ello se hace uso de la fórmula que se presenta a continuación.

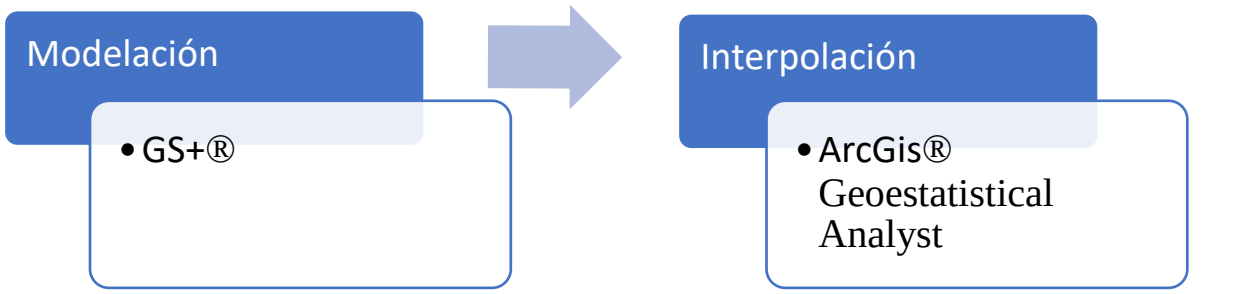
- **VI = D relativa + C relativa + F relativa**

2.6.2.4.1 Especies con mayor índice de valor de importancia

Teniendo el índice de Valor de importancia se ordenan de mayor a menor para lograr visualizar las especies más importantes dentro de la finca.

2.6.3 Elaboración de mapas

La metodología para la elaboración de mapas de las especies de mayor valor de importancia se presenta en la figura 14.



Fuente: elaboración propia (2021)

Figura 14. Metodología para la elaboración de mapas.

2.6.3.1 Modelación

Teniendo las coordenadas de cada punto muestreado en la finca y el dato de porcentaje de cobertura por especie, se procede analizar los datos en el software GS+® para generar un modelo que más se ajuste a los datos. El programa selecciona un modelo al que se ajusten mejor los datos y junto con ello da estimadores que indican que tan confiable es el modelo. Interpretando los estimadores se decide si se procede a generar interpolaciones para generar mapas, que sean representativos de la distribución espacial de las malezas dentro de la finca.

2.6.3.2 Interpolación

Teniendo el modelo, con la ayuda de la herramienta de *Geoestatistical Analyst* se generan los mapas que representan la distribución espacial de las malezas.

2.7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.7.1 Determinación botánica de especies encontradas en finca La Pinta

En la finca La pinta se encontraron veinticinco especies de plantas, de estas diez son especies pertenecientes a la clase monocotiledónea y quince son pertenecientes a la clase dicotiledónea. En el cuadro 4 se clasifican taxonómicamente las especies por familia, género y especie. La familia que mayores especies presenta es la familia Poaceae seguida de la familia Commelinaceae y Euphorbiaceae. Estas tres presentan el mayor número de especies en el estudio que corresponden al 48 % de la totalidad.

Cuadro 4. Clasificación taxonómica de las especies determinadas en finca La Pinta por familia, género y especie.

Familia	Género	Especie
Poaceae	*Cynodon*	*Cynodon dactylon* L. Pers.
	Eleusine	*Eleusine indica* L. Gaertn.
	Ixophorus	Ixophorus unisetus J. Presl Schltdl.
	Rottboellia	*Rottboellia cochinchinensis* Lour. Clayton
	Panicum	*Panicum fasciculatum* Swartz.
		Panicum maximum Jacq.
Commelinaceae	*Tinantia*	*Tinantia erecta* Jacq. Fenzl
	Commelina	*Commelina diffusa* Burm. F.
	Tripogandra	*Tripogandra disgrega* Kunth Woodson.
Euphorbiaceae	*Euphorbia*	*Euphorbia hypericifolia* L.
		Euphorbia prostrata Aiton
		Euphorbia hirta L.
Cleomaceae	*Cleome*	*Cleome viscosa* L.
		Cleome affinis DC.
Cucurbitaceae	*Cucurbita*	*Cucurbita maxima* Duchesne
	Momordica	*Momordica charantia* L.

Continuación cuadro 4.

Aizoaceae	*Trianthema*	*Trianthema portulacastrum* L.
Amaranthaceae	*Amaranthus*	*Amaranthus spinosus* L.
Araceae	*Philodendron*	*Philodendron spp.*
Convolvulaceae	*Ipomoea*	*Ipomoea nil* L. Roth
Cyperaceae	*Cyperus*	*Cyperus rotundus* L.
Molluginaceae	*Mollugo*	*Mollugo verticillata* L.
Nyctaginaceae	*Boerhavia*	*Boerhavia erecta* L.
Phyllanthaceae	*Phyllanthus*	*Phyllanthus niruri* L.
Portulacaceae	*Portulaca*	*Portulaca oleracea* L.

La familia Poaceae es una de las familias que posee especies que representan grandes pérdidas en el cultivo de caña, si no se realiza un buen control de malezas. Las especies más importantes son *R. cochinchinensis* y *P. máximum* que tienen la característica de alcanzar grandes alturas sobrepasando o alcanzando el nivel de la caña de azúcar teniendo una gran competencia con el cultivo en cuanto a nutrientes y espacio afectando los rendimientos. Es por ello la importancia de conocer la distribución espacial de las malezas para dar un manejo adecuado y así evitar las pérdidas que conlleva el no realizar un buen control de malezas. Por otro lado, las familias Commelinaceae y Euphorbiaceae poseen especies que no son de gran importancia debido a que son especies de tamaño pequeño comparado con la caña de azúcar por lo que no se puede desarrollar de una forma adecuada debido a la sombra que genera la caña de azúcar.

2.7.2 Índice de valor de Importancia

Luego del muestreo en finca La Pinta, en el cuadro 3 podemos encontrar enlistadas las especies de malezas con su respectivo valor de importancia ordenadas de forma descendente, es decir de la más importante a la menos importante para la finca.

Cuadro 5. Especies encontradas en finca La Pinta enlistadas de forma descendente según su valor de importancia dentro de la finca.

Nombre común	Nombre cientifico	Drel	Crel	Frel	VI
Culantrillo	*Mollugo verticillata* L.	28.61	43.48	10.88	82.96
Coyolillo	*Cyperus rotundus* L.	20.64	21.06	10.02	51.71
Lengua de gallo	*Tripogandra disgrega* Kunth Woodson.	7.97	8.09	7.94	24.01
Verdolaga	*Portulaca oleracea* L.	9.42	4.79	6.91	21.11
Malanguilla	*Philodendron* spp.	4.59	3.13	10.02	17.74
Golondrina	*Euphorbia prostrata* Aiton	5.55	3.28	7.77	16.60
Cleome	*Cleome affinis* DC.	4.04	3.53	5.87	13.45
Pajilla	*Panicum fasciculatum* Swartz.	3.12	2.51	5.70	11.33
Tamarindillo	*Phyllanthus niruri* L.	2.05	1.55	6.91	10.50
Bledo espinoso	*Amaranthus spinosus* L.	1.95	1.34	4.84	8.12
Caminadora	*Rottboellia cochinchinensis* Lour. Clayton	1.75	1.32	4.32	7.39
Golondrina erecta	*Euphorbia hirta* L.	1.28	0.97	4.32	6.58
Bejuco	*Ipomoea nil* L. Roth	2.37	0.71	3.28	6.36
Canutillo	*Tinantia erecta* Jacq. Fenzl	1.61	1.28	3.45	6.34
Cleome	*Cleome viscosa* L.	1.12	1.28	1.04	3.44
Pasto estrella	*Cynodon dactylon* L. Pers.	0.86	0.45	0.86	2.17
Verdolaga falsa	*Trianthema portulacastrum* L.	0.70	0.34	0.69	1.73
Jaibilla	*Momordica charantia* L.	0.88	0.07	0.69	1.64
Comelina	*Commelina diffusa* Burm. F.	0.41	0.19	1.04	1.64
Pata de gallina	*Eleusine indica* L. Gaertn.	0.19	0.11	0.86	1.17
Zacaton	*Panicum maximum* Jacq.	0.19	0.15	0.69	1.03
Pata de paloma	*Boerhavia erecta* L.	0.28	0.16	0.52	0.95
Zacate agua	*Ixophorus unisetus* J. Presl Schltdl.	0.15	0.11	0.69	0.95
Pepino raton	*Cucurbita maxima* Duchesne	0.19	0.06	0.35	0.60
Golondrina rastrera	*Euphorbia hypericifolia* L.	0.08	0.05	0.35	0.48
SUMA TOTAL		100	100	100	300

Como se observa en el cuadro 5 las especies que representan mayor índice de valor de importancia son: *M. verticillata, C. rotundus*, *T. disgrega,* con 82.86, 51.71 y 24.01 respectivamente, dichas especies son las más importantes ya que representan el 52.89 % del total de las especies encontradas dentro de la finca, estas especies son las que mayor enfoque se les debe dar al momento del control dentro de la finca ya que de un total de 87

puntos de muestreo, estas especies aparecen con una alta frecuencia dentro de los puntos de muestreo teniendo una frecuencia relativa de 10.88 %, 10.02 % y 7.94 % respectivamente, por otro lado se puede observar que poseen un alto porcentaje en cobertura relativa y densidad relativa. Por lo que al realizar la suma de los tres porcentajes las posiciona como las especies mas importantes.

En la finca La Pinta se encontraron veinticinco especies de malezas, de las cuales se analizaron nueve para generar mapas de distribución espacial, enmarcadas de color verde en la figura 15 siendo estas: *M. verticillata, C. rotundus*, *T. disgrega*, *P. oleracea*, *Philodendron* spp., *E. prostrata*, *C. affinis*, *P. fasciculatum, P. niruri.* Las otras especies no se analizaron por su bajo índice de valor de importancia.

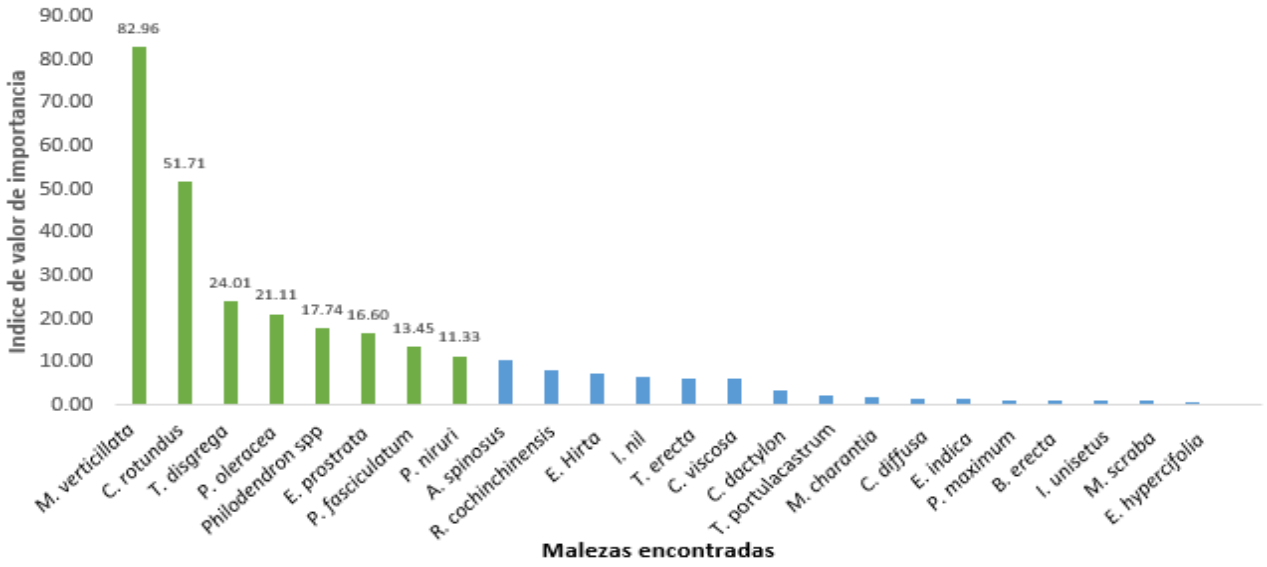


Figura 15. Especies analizadas para la elaboración de mapas de distribución espacial.

2.7.3 Mapas de distribución espacial de las nueve especies con mayor valor de importancia

El programa GS+® nos proporciona un modelo, así como la suma residual de cuadrados, R^2, Proporción C / (Co + C) y un semivariograma para definir si el modelo generado por el programa es confiable y se apega a la realidad.

Para generar mapas de distribución espacial que representen el porcentaje de cobertura de las nueve especies con el valor de importancia más alto, se evaluaron los modelos generados por el programa GS+® dando como resultado especies que presentan dependencia espacial, así como especies que no tiene dependencia espacial por lo que no se realizaron mapas, ya que no representaran la realidad del comportamiento que tienen las malezas dentro de la finca.

En base a la experiencia adquirida al momento de la recolección de los datos, se observó que el haber realizado de una forma general los muestreos y no tomando en cuenta clases texturales, pudo afectar la correlación de los datos, ya que al realizarlo por clase textural el área de muestreo es mucho menor, por lo que aumenta la probabilidad de que la correlación sea mucho mejor. Por otro lado, se vio que las especies poseen diferente capacidad de desarrollo según sea la clase textural.

A continuación, en el cuadro 6 se presentan los resultados de las variables a analizar para cada especie, así como su interpretación de dichas variables. En la figura 20A hasta la figura 28A se aprecia el modelo generado por el programa según la especie, así como las variables y el semivariograma.

Cuadro 6. Interpretación y resultados del programa GS+® para las distintas especies.

Especie	Variables a interpreter			Interpretación
	Suma residual de cuadrados	Proporción C / (Co+C)	R^2	
Euphorbia prostrata Aiton	468	0.699	0.54	Interpretando cada una de las variables se observa que la suma residual de cuadrados es 468, se puede decir que es un dato bajo que no se apega tanto a 0 pero es una de las especies que posee uno de los datos más bajo, lo cual nos indica que nuestros datos se ajustan al modelo por lo que es confiable, así mismo posee un R^2 bastante alto comparado con el resto, otro indicativo de correlación es el semivariograma lo cual para este caso se ajusta a un modelo exponencial es por ello que se decide realizar el mapa para esta especie, pero cabe resaltar que el mapa no es aceptable para tomar decisiones por el poco ajuste. Ya que lo ideal sería un dato en la suma residual de cuadrados muy pegado a 0 como por ejemplo 10 y un R^2 muy cerca de 1 por ejemplo 0.85.
Phyllanthus niruri L	107	0.597	0.44	Interpretando cada una de las variables se observa que la suma residual de cuadrados es 107, se puede decir que es un dato bajo que no se apega tanto a 0 pero es una de las especies que posee uno de los datos más bajo, lo cual nos indica que nuestros datos se ajustan al modelo por lo que es confiable, así mismo posee un R^2 bastante alto comparado con el resto, otro indicativo de correlación es el semivariograma lo cual para este caso se ajusta a un modelo gauseano es por ello que se decide realizar el mapa para esta especie, pero cabe resaltar que el mapa no es aceptable para tomar decisiones por el poco ajuste. Ya que lo ideal sería un dato en la suma residual de cuadrados muy pegado a 0 como por ejemplo 10 y un R^2 muy cerca de 1 por ejemplo 0.85.
Mollugo verticillata L	133287	0.025	0.002	Observando la suma residual de cuadrados con un número muy grande y un R^2 muy bajo nos indica que el modelo generado por GS+® no es confiable para poder generar un mapa que represente la distribución espacial de las malezas por la poca confiabilidad del modelo. Por otro lado, al observar el semivariograma nos indica un efecto pepita puro lo cual es un indicativo de la carencia de correlación en los datos, lo cual nos reafirma la poca confiabilidad del modelo.
Cyperus rotundus L	67116	0	0	
Panicum fasciculatum Swartz	1381	0	0	
Portulaca oleracea L	7060	0	0.142	
Cleome affinis DC	5320	0.5	0.093	
Philodendron spp	192	0	0.004	
Tripogandra disgrega (Kunth) Woodson.	33340	0	0.367	

En la figura 16 y figura 18 se puede observar el mapa con interpolación *kriging* para la especie *E. postrata y P. niruri* donde se observa el comportamiento que dichas especies poseen dentro de la finca. Cabe resaltar que algo muy importante para evaluar la confiabilidad del mapa es analizar el mapa de error figura 17 y figura 19 donde se observa que a pesar de que la suma residual de cuadrados de 468 y 107 respectivamente, es mucho más baja respecto a las otras especies y con un R^2 de 0.54 y 0.44 lo cual es más alto respecto a los otros modelos. Los datos representados en el mapa no son confiables.

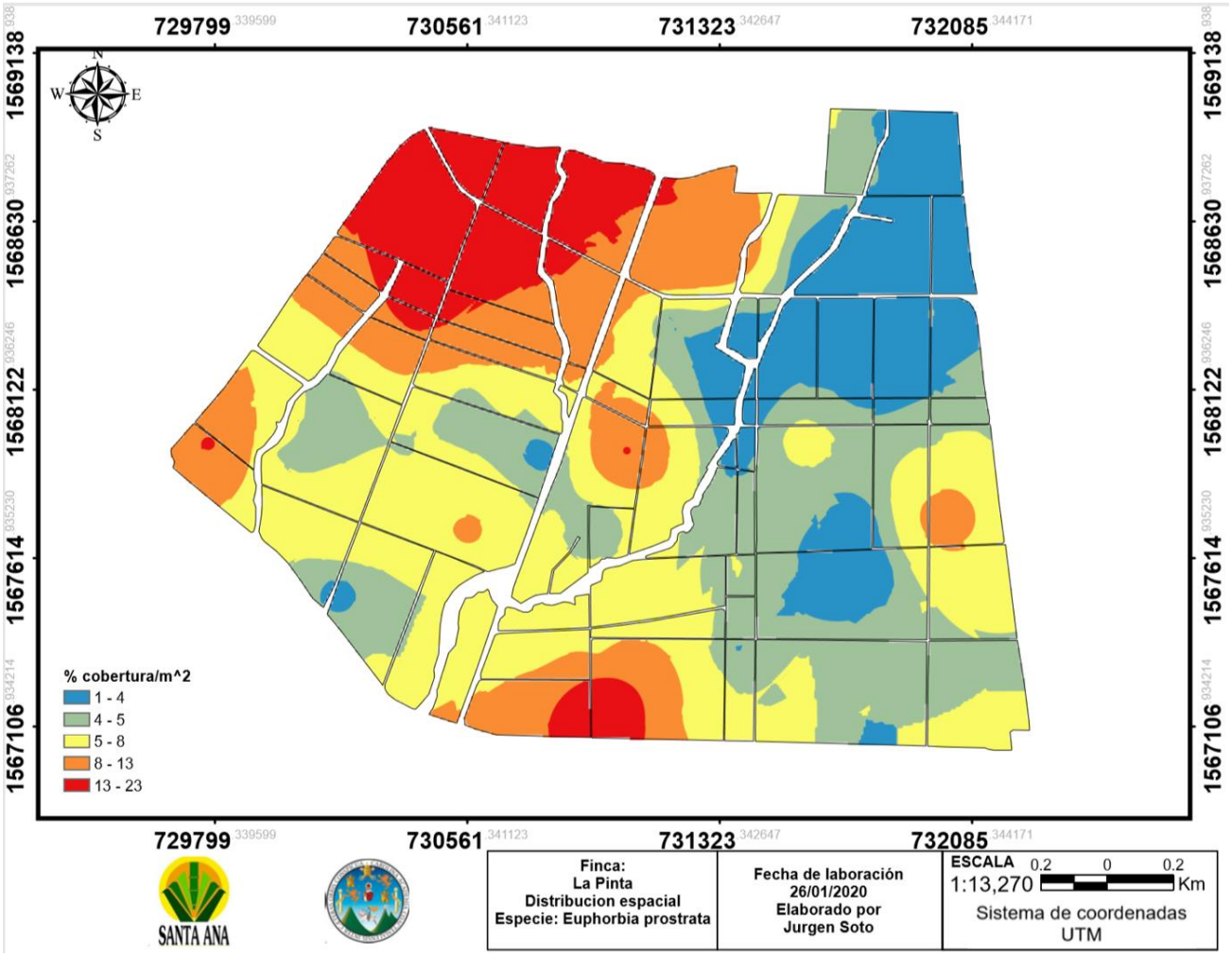


Figura 16. Mapa de distribución espacial, especie E. prostrata.

Analizando el mapa de distribución de E. prostrata, el cual aparece en la figura 16, podemos observar que aparece de color rojo un área de 37.79 ha la cual representa el área critica de la finca, donde podemos encontrar la mayor cobertura de dicha especie siendo esta desde 13 % hasta el 23 % de cobertura por metro cuadrado, por otro lado podemos observar dentro del mapa, que el color amarillo es el que más cubre la finca con un área de 112.69 ha encontrando un porcentaje de cobertura de 5 % hasta el 8 % de cobertura por metro cuadrado. La representación de este mapa si fuera confiable seria de gran ayuda ya que se puede observar y saber el área que tiene la finca con mayor cobertura, así como los lugares donde es mucho mayor el banco de semilla y así poder dar el manejo adecuado a los puntos críticos el cual afectan la producción.

Se puede observar en el mapa de error figura 17 de la especie *E. postrata* los datos son confiables pegados al punto de muestreo ya que mientras se aleja del punto de muestreo la precisión va disminuyendo. Se logra observar muy bien donde fueron tomados los puntos de muestreo dentro de la finca. Por lo que no se recomienda el uso del mapa de la figura 16 ya que si se toma como referencia para dar un manejo en la finca no puede tener buenos resultados debido a la poca confiabilidad.

Observando el mapa de error de ambas especies, el cual aparecen en la figura 17 y figura 19 se observa que el área de confiabilidad para el caso de la especie P. niruri es mucho mayor, teniendo esta un área 87.27 ha, mientras que para el caso de E. prostrata el área es de 47.87 ha.

Por otro lado los datos de error son mucho mayores para el caso de E. prostrata ya que los datos pueden variar desde 3 % hasta el 9 % de error, en otras palabras los datos se pueden sub-estimar o sobre-estimar dentro de este rango, mientras que si vemos el caso de P. niruri los datos se pueden sub-estimar o sobre-estimar desde 1 % hasta un 3 %, por ello es mucho más confiable el mapa de P. niruri que el mapa de E. prostrata, pero si tomamos en cuenta el área total de la finca, nos representan un 23.78 % y 13.04 % respectivamente tomando en cuenta los rangos más bajos para ambas especies, lo cual el área de confiabilidad no

llega ni al 50 % de la finca por ello no se pueden utilizar para la toma de decisiones dentro de la finca.

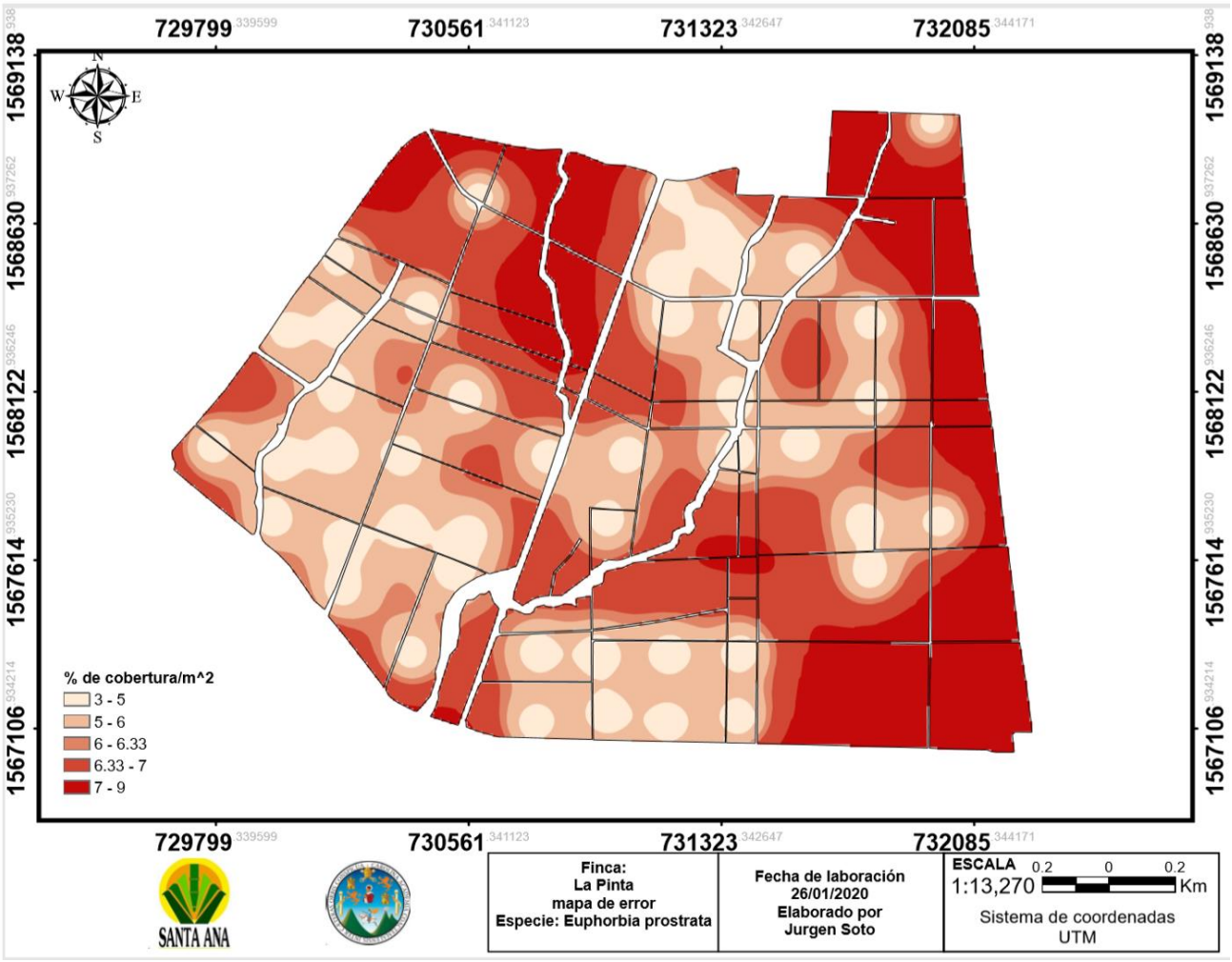


Figura 17. Mapa de error, especie E. prostrata.

Observando el mapa de distribución de la especie *P. niruri* figura 18, el punto crítico se encuenta de color rojo teniendo un porcentaje de cobertura de 6 % hasta un 10 % por metro cuadrado, el cual abarca un área de 43.05 ha. El cual representa un 11.73 % del área total de la finca.

Respecto a los otros rangos se puede observar que el color amarillo es el que mayor área abarca dentro de la finca teniendo esta un área de 91.97 ha dentro del cual podemos encontrar porcentajes de cobertura de 3 % hasta un 4 % de cobertura por metro cuadrado.

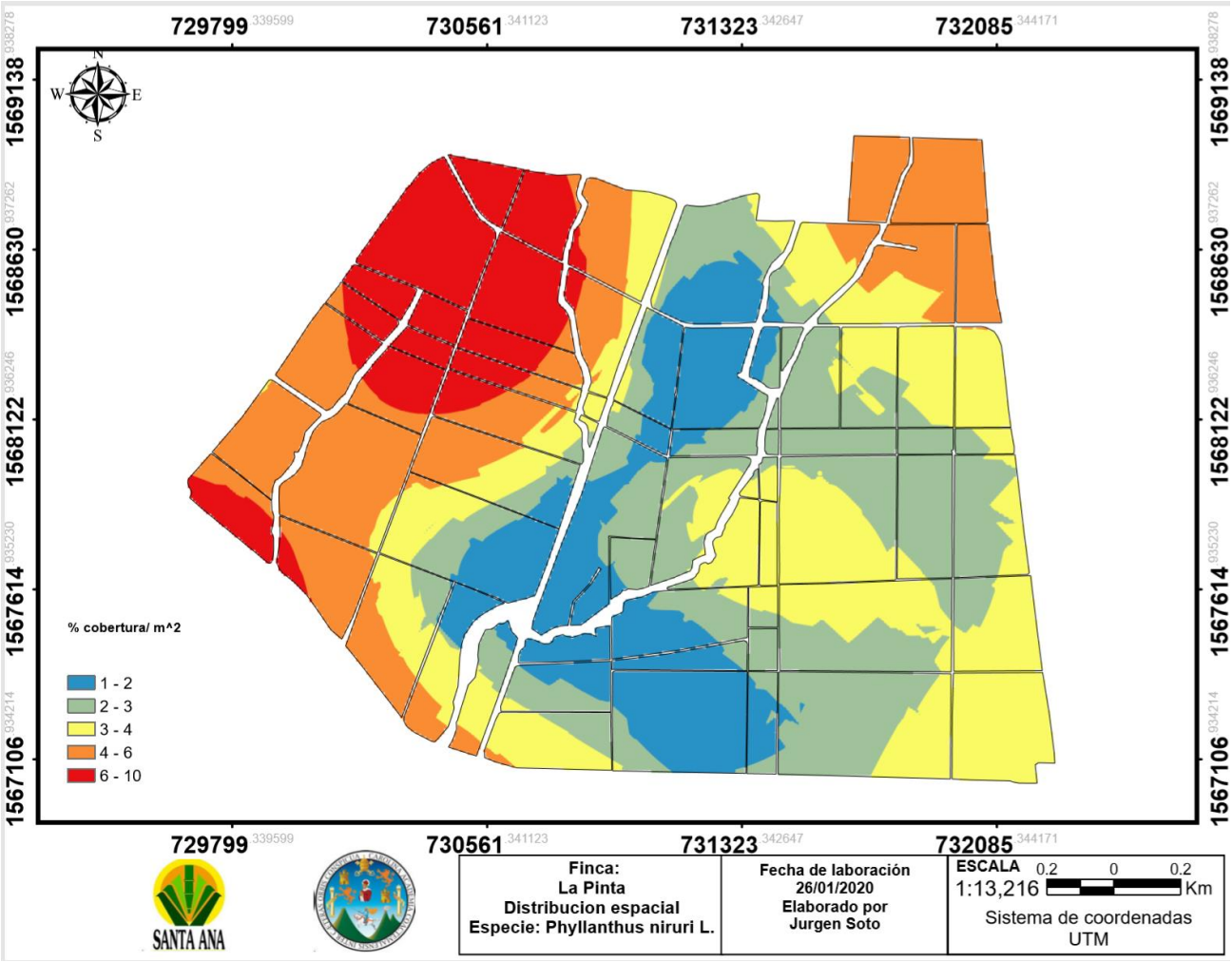


Figura 18. Mapa de distribución espacial, especie P. niruri.

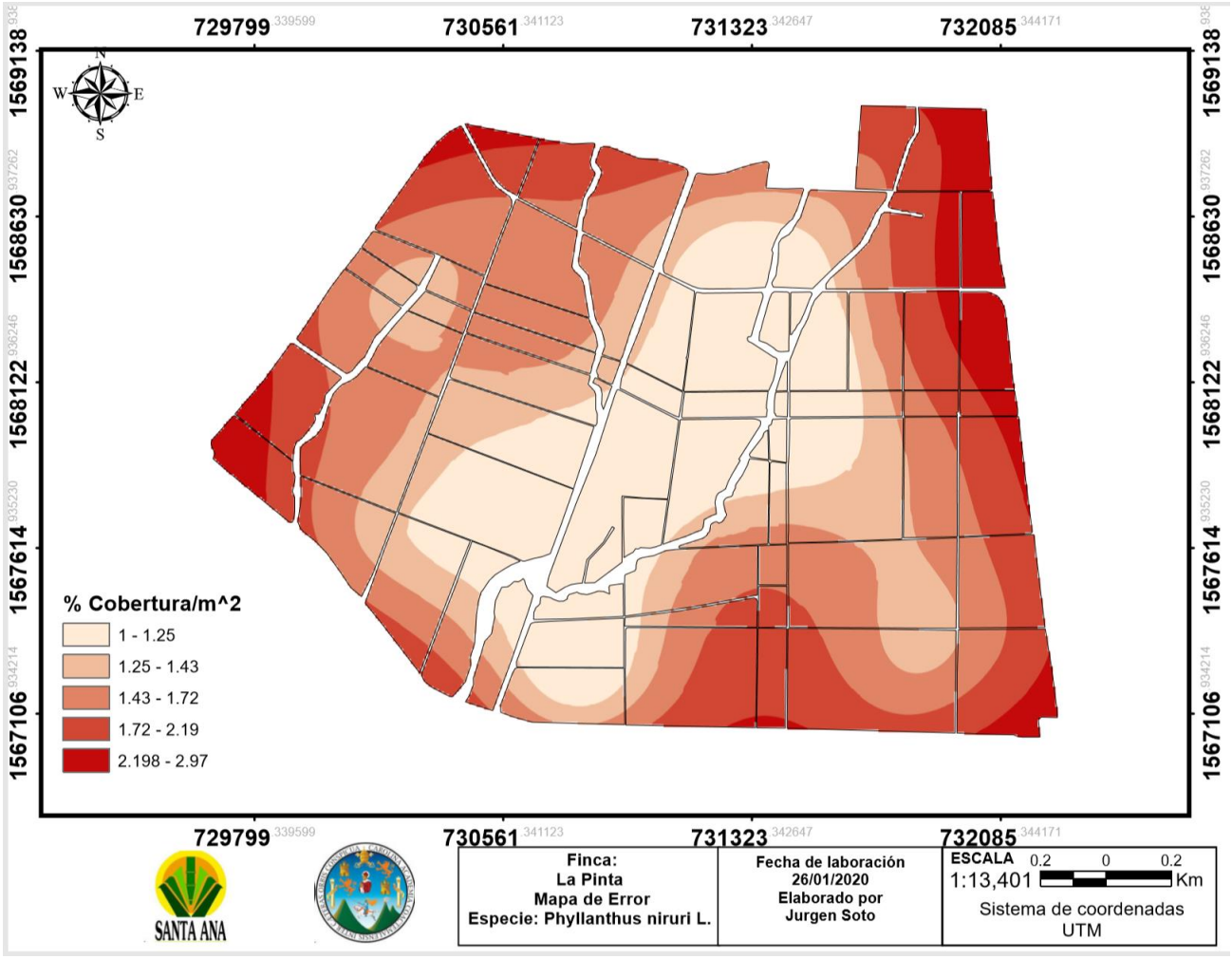


Figura 19. Mapa de error, especie P. niruri.

En base a lo que se observó en campo al momento de los muestreos se logró identificar que en finca La Pinta las malezas se distribuyen por conglomerados es decir que las malezas están por parches no tienen un patrón definido, ya que al momento de la toma de datos de un punto a otro el porcentaje de cobertura variaba mucho, por ello el ajuste de los modelos es muy bajo.

2.8 CONCLUSIONES

1. En finca La Pinta se encontraron catorce familias de las cuales destacan tres familias; Molluginaceae, Cyperaceae y Commelinaceae, a dichas familias pertenecen las especies con mayor índice de valor de importancia: *Mollugo verticillata* L, *Cyperus rotundus* L y *Tripogandra disgrega* Kunth Woodson.

2. Las especies que presentan mayor índice de valor de importancias son *Mollugo verticillata* L. con un valor de 83, *Cyperus rotundus* L. le sigue con 51.7 y *Tripogandra disgrega* Kunth Woodson. en tercer lugar, con 24.0. Las otras especies que se encuentran dentro de la finca a partir de la novena posición los valores son muy similares para cinco especies, luego hay un cambio drástico que engloba el resto de las especies con datos muy bajos la cual se puede observar en la figura 15 Por lo que no es necesario darles mucha importancia a partir de la novena posición ya que es poca la incidencia dentro de la finca.

3. Se generaron mapas para las especies *Tripogandra disgrega* Kunth Woodson. y *Phyllanthus niruri* L. ya que al momento de evaluar las variables de los modelos se determinó que las otras especies no tenían dependencia espacial por lo que las interpolaciones no se apegarían a la distribución que tienen las malezas dentro de la finca. Cabe resaltar que dichos mapas son los que mayor ajuste tenían en comparación con las demás especies, pero no tienen un buen ajuste al igual que las demás especies por lo que no se apegan a la realidad por lo que no se pueden utilizar para tomar decisiones, esto se debe a como se distribuyen actualmente las malezas, debido a el control que se ha realizado en los últimos años, en la finca se han alterado los ecosistemas de malezas.

2.9 RECOMENDACIONES

1. Para llevar a cabo la generación de mapas de distribución espacial de malezas con una buena correlación se debe cambiar la metodología realizando pruebas piloto en base a la misma clase textural.

2. Llevar a cabo los muestreos más detallados y así poder aumentar la confiabilidad de los mapas. Ya que las malezas se distribuyen en forma de parches.

3. Evaluar económicamente la rentabilidad de realizar muestreos tan detallados en las pruebas piloto para luego implementarse en el resto de la finca.

2.10 BIBLIOGRAFÍA

1. AgroSitio, Argentina. (2016). *La importancia del monitoreo de malezas*. Tucuman, Argentina: AgroSitio: https://www.agrositio.com.ar/noticia/179477-la-importancia-del-monitoreo-de-malezas

2. Becerra, M. A., Korischoner, J. J., Negro, G. J., & Hang, S. (2012). *Variabilidad espacial de propiedades de suelo relacionadas con el comportamiento de agroquímicos*. En XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencias del Suelo / XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo (2012, La Plata, Argentina): https://www.researchgate.net/figure/Figura-1Croquis-del-lote-relevado-y-grilla-de-muestreo-50-m-x-50-m-Los-sitios-de_fig1_260514339

3. Bernier Villarroel, R. (2017). *Curso de capacitacion para operadores del programa de recuperacion de suelos degradados INDAP, décima región.* Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA): https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/8523/NR25010.pdf?sequence=1&isAllowed=y

4. Brolo Feltrin, G. A. (2004). *Historial de la distribución de malezas en el cultivo de caña de azúcar (Saccharum spp.) en la costa sur de Guatemala.* (Tesis Ing. Agr., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Guatemala): http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2085.pdf

5. Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña deAzúcar, Guatemala (CENGICAÑA). (1996). *Estudio semi-detallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala.* Guatemala: Artemis Edinter.

6. Espinoza Veliz, G. (2013). *Manual de malezas y catálogo de herbicidas*. Guatemala: Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA): https://cengicana.org/publicaciones

7. Espinoza, G. (2012). Manejo y control de malezas, principales malezas de la zona cañera de guatemala, interferencia de malezas,. En M. Melgar Morales, A. Meneses, H. Orozco, O. Pérez, & R. Espinoza, *El cultivo de la caña en Guatemala* (págs. 131-148). Guatemala: Artemis Edinter.

8. Fuentes, C. (1986). Metodología y técnicas para evaluar las poblaciones de malezas y su efecto en los cultivos. *Revista Comalfi*, 13, 29-50.

FACULTAD DE AGRONOMÍA
OFICINA UNIVERSITARIA DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE
OAE
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

9. García Estrada, S. R. (2013). *Distribución de las especies de malezas existentes en las zonas agroecológicas de la administración central del ingenio Magdalena, diagnostico y servicios, Escuintla, Guatemala, C.A.* (Tesis Ing. Agr., Universdad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Guatemala). http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2895.pdf

10. Giraldo Henao, R. G. (1993). *Introduccion a la geoestadistica; Teoría y aplicación.* Bogota, Colombia: Universidad Nacional de Colombia [Archivo PDF]. https://geoinnova.org/blog-territorio/wp-content/uploads/2015/05/LIBRO_-DE-_GEOESTADISTICA-R-Giraldo.pdf

11. Isaaks, E., & Srivastava, R. M. (1989). *Applied geostatistics.* New York, USA: Oxford University Press.

12. Jamaica Tenjo, D. A. (2013). *Dinámica espacial y temporal de poblaciones de malezas en cultivos de papa, espinaca y caña de azúcar y su relación con propiedades del suelo en dos localidades de Colombia.* Bogota, Colombia: Centro Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (CENICAÑA).

13. Journel, A. G., & Huijbregts, C. J. (1978). *Mining geostatistics.* New York, USA: Academics Press.

14. Krige, D. G. (1951). A statistical approach to some basic mine evaluation problem on the witwatersrand. *Journal of the Chemical, Metallurgical and Mining Society of South Africa, 52, 119-139:* https://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1252537

15. Labrada, R., Caseley, J. C., & Parquer, C. (1996). *Manejo de malezas para paises en desarrollo*. Roma, Italia: FAO: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=i7inikglZZEC&oi=fnd&pg=PR11&dq=malezas&ots=oHGpMOYRG1&sig=zd3gWkn-6L0UfNR-PdsYSNQ2-r4#v=onepage&q=malezas&f=true

16. Leguizamón, E. S. (2005). *El monitoreo de malezas en el campo*. Rosario, Argentina: Universidad Nacional de Rosario: http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/17/1AM17.htm

17. Martinez Ovalle, M. d. (1978). *Estudio taxonomico y ecologico de las malezas en la costa sur de Guatemala* (Tesis Ing. Agr., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Guatemala): http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_0305.pdf

18. Matheron, G. (1963). Principles of geostatistics. *Economic Geology, 58(8), 1246–1266:* https://pubs.geoscienceworld.org/segweb/economicgeology/article-abstract/58/8/1246/17275/Principles-of-geostatistics

19. Morales Lemus, J. E. (2011). *Trabajo de graduación realizado en el centro Guatemalteco de investigacion y capacitación de la caña de azucar. ,CENGICAÑA-.* (Tesis Ing. Agr., Univeersidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Guatemala): http://www.repositorio.usac.edu.gt/6911/1/JOEL%20ESTUARDO%20MORALES%20LEMUS.pdf

20. Ordoñez, p., & Milanés, N. (2006). *Comportamiento y distribución de las malezas de la caña de azúcar (saccharum spp.) en la refion sureste de México.* VI Congreso de Asociación de técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe (ATALAC) (pág. s.p.). Mexico: ATALAC.

21. Orgnización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia (FAO). (2006). *Recomendaciones para el manejo de malezas.* Roma, Italia: FAO.

22. Patzán Boch, K. V. (2015). *Evaluación de la eficacia de siete mezclas de herbicidas para el control de malezas de hoja ancha en el cultivo de caña de azúcar (Saccharum spp.) en la finca Camantulul; diagnóstico y servicios realizados en la zona uno de producción, del ingenio madre t.* (Tesis Ing. Agr., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultadde Agronomía: Guatemala): http://www.repositorio.usac.edu.gt/2332/1/Keyla%20Vasti%20Patz%C3%A1n%20Boch%20200918215.pdfhttp://www.repositorio.usac.edu.gt/2332/1/Keyla%20Vasti%20Patz%C3%A1n%20Boch%20200918215.pdf

23. Pilco Sarmiento, J. (2014). *El mundo de las arvenses y su importancia en los cultivos del ecuador*. Obtenido de Milagro, Ecuador: EcuaQuimica: https://www.slideshare.net/jesuspilco/el-mundo-de-las-malezas-y-su-efecto-en-la-produccin-ecuador?next_slideshow=1

24. Pilco Sarmiento, J. (2016). *Malezas importancia y manejo inteligente*. Obtenido de Milagro, Ecuador: EcuaQuímica: https://www.slideshare.net/jesuspilco/malezas-importancia-y-manejo-inteligente

25. Rincones, C. (1984). *Distribucion de malezas en cañaverales de los valles de Aragua*. Obtenido de Venezuela: Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP): http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasCientificas/canadeazucar/cana0102/texto/com

26. Robertson, G. P. (2008). *Geostatistics for the environmental sciences* [Archivo PDF]. Plainwell, Michigan, USA: . Gamma Design Software: https://geostatistics.com/files/GSPlusUserGuide.pdf

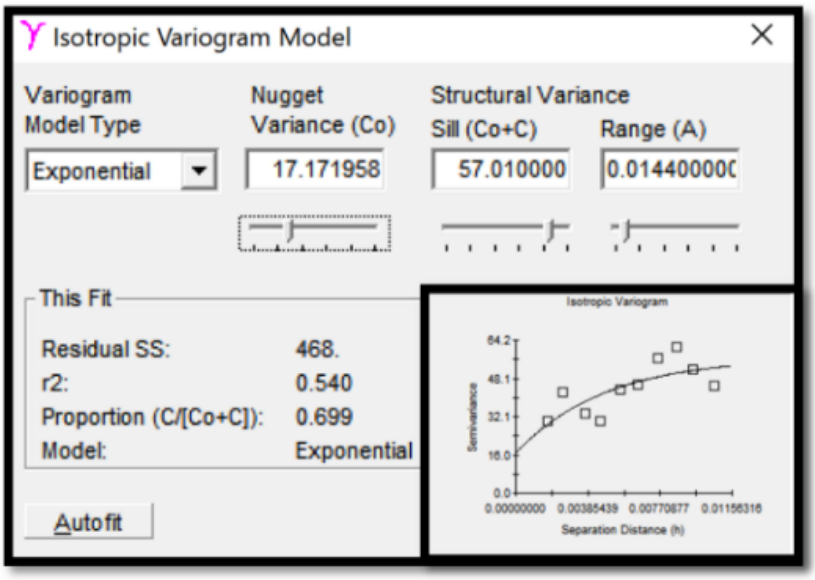
27. Rodríguez Lagreca, J. (2011). *Las malezas y el agroecosistema* [Archivo PDF]. Uruguay: Universidad de la República Oriental del Uruguay, Facultad de Agronomía, Centro Regional Sur, Departamento de Protección Vegetal, Unidad de Malezas: http://www.pv.fagro.edu.uy/Malezas/Doc/LAS%20MALEZAS%20Y%20EL%20AGROECOSISTEMAS.pdf

28. Super Intendencia de Bancos, Guatemala (SIB). (2016). *Sector azucarero* [Archivo PDF]. Guatemala: SIB: https://www.sib.gob.gt/c/document_library/get_file?folderId=3789510&name=DLFE-26739.pdf

29. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomia, Guatemala (FAUSAC). (2019). *Manual de ecologia general.* Guatemala: FAUSAC.

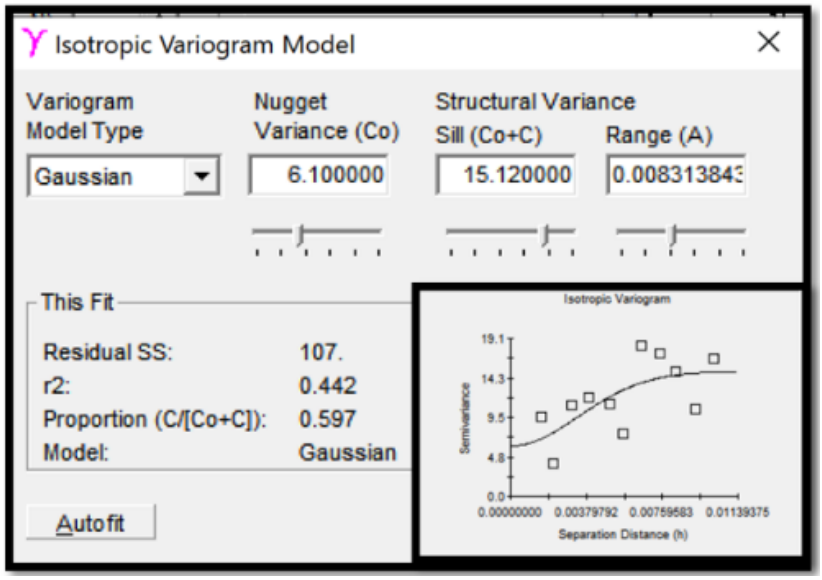
30. Yoc Pérez, A. E. (2018). *Modelación de la variabilidad espacial de la compactación del suelo usando técnicas geoestadísticas* [Archivo PDF]. (Tesis Ing. Agr., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Guatemala): http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-03215.pdf

2.11 ANEXOS



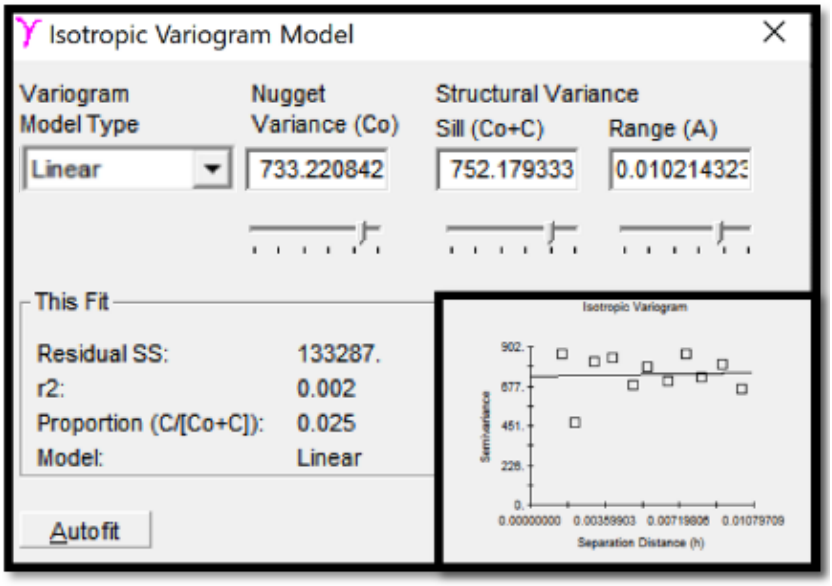
Fuente: elaboración propia (2021)

Figura 20A. Modelo de E. prostrata.



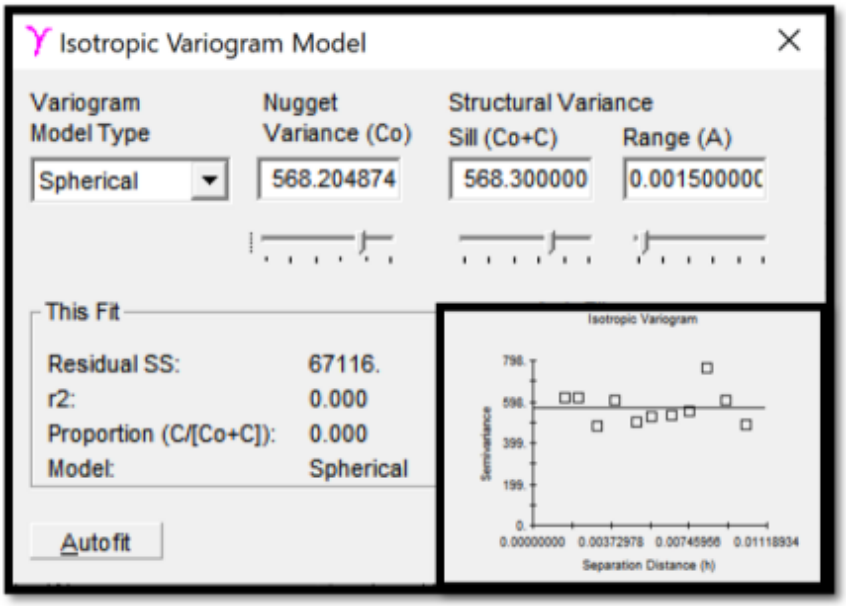
Fuente: elaboración propia (2021)

Figura 21A. Modelo de P. niruri.



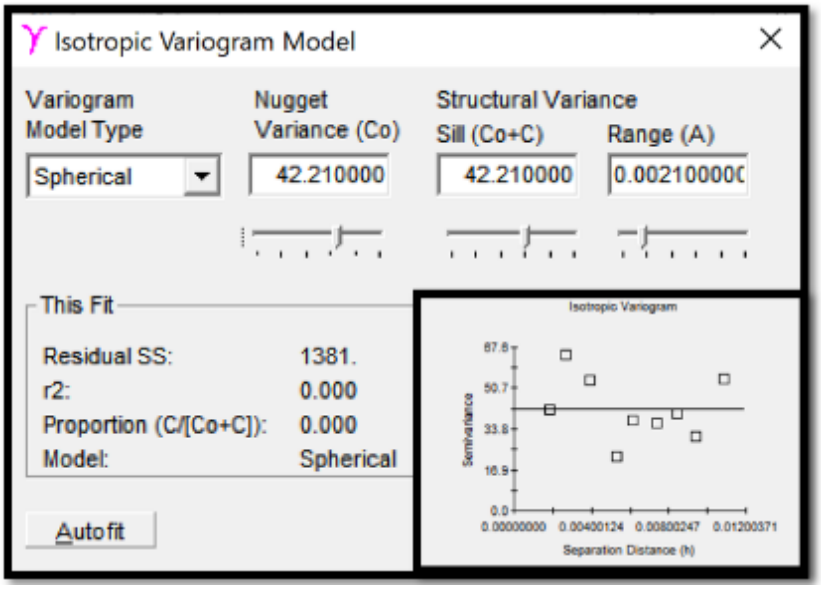
Fuente: elaboración propia (2021)

Figura 22A. Modelo de M. verticillata.



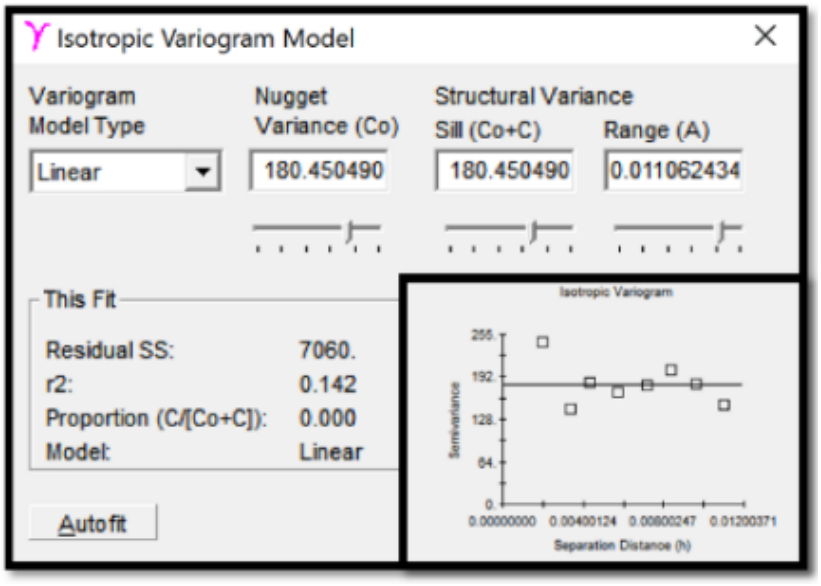
Fuente: elaboración propia (2021)

Figura 23A. Modelo de C. rotundus.



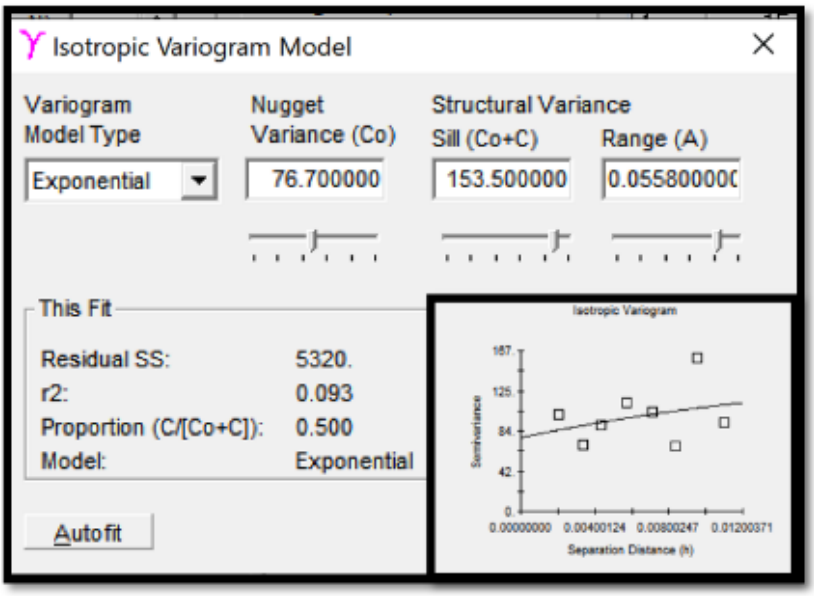
Fuente: elaboración propia (2021)

Figura 24A. Modelo de P. fasciculatum.



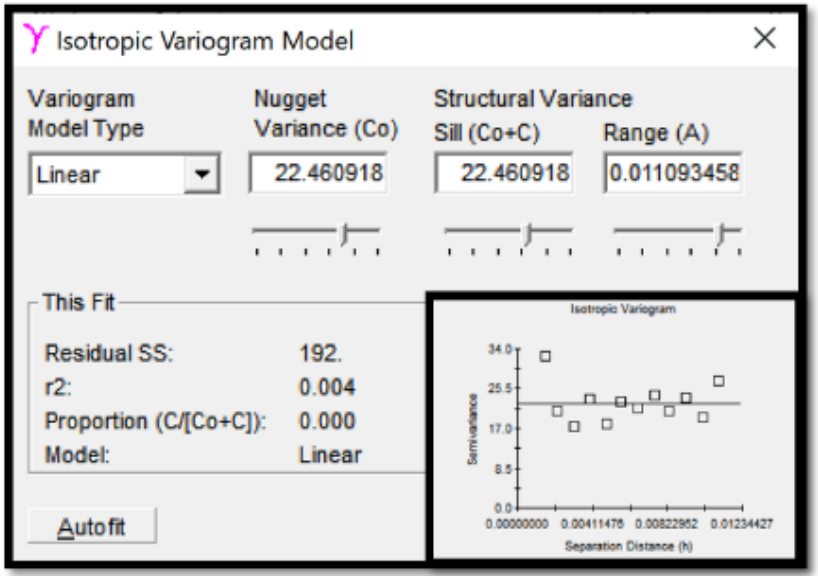
Fuente: elaboración propia (2021)

Figura 25A. Modelo de P. oleracea.



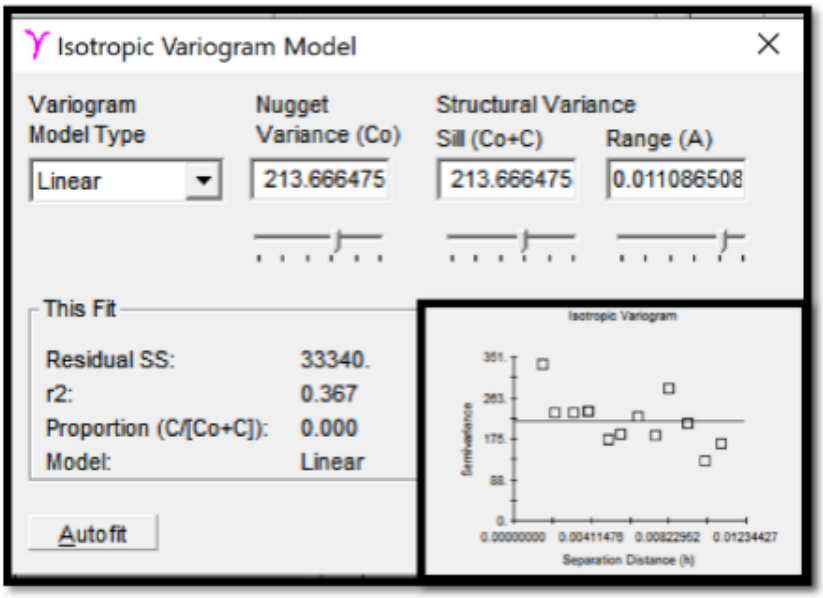
Fuente: elaboración propia (2021)

Figura 26A. Modelo de C. affinis.



Fuente: elaboración propia (2021)

Figura 27A. Modelo de Philodendron spp.



Fuente: elaboración propia (2021)

Figura 28A. Modelo de T. disgrega.

CAPÍTULO III: SERVICIOS REALIZADOS EN GRUPO CORPORATIVO SANTA ANA

3.1 PRESENTACIÓN

Este documento constituye el informe final de los servicios realizados en el marco del Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía -EPSA-, el cual consistió en el apoyo a el departamento de investigación del ingenio Santa Ana, Escuintla, Guatemala.

Con el fin de dar una solución a los dos problemas que mayor puntaje obtuvieron en la matriz de priorización de problemas, se realizó la evaluación de aplicación de fertilizantes a la semilla antes del corte con el fin de evaluar si alguno de los tratamientos aumenta la brotación de las yemas.

Para complementar se estableció un ensayo de distinto número de yemas en semillero, para determinar el número de yemas por metro lineal y método de siembra más eficiente y rentable el cual no afecte la producción de toneladas de caña por hectárea TCH.

3.2 OBJETIVO GENEAL

Apoyar al departamento de investigación del ingenio Santa Ana, en el establecimiento, coordinación y análisis de resultados en ensayos que contribuyan a mejoras y soluciones con fundamento técnico.

3.3 SERVICIO 1: EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE FERTILIZANTES A LA SEMILLA ANTES DEL CORTE

3.3.1 Objetivo general

Evaluar 5 tratamientos de fertilizantes aplicados antes del corte de semilla de caña (*Saccharum* spp.) en la finca agrícola del sur del ingenio Santa Ana.

3.3.2 Objetivos específicos

1. Determinar que tratamiento aumenta el porcentaje de brotación y emergencia en el cultivo de caña (*Saccharum* spp.).

2. Analizar el comportamiento de alturas durante el desarrollo del cultivo de caña.

3. Analizar el comportamiento de población durante el desarrollo del cultivo de caña.

3.3.3 Metodología

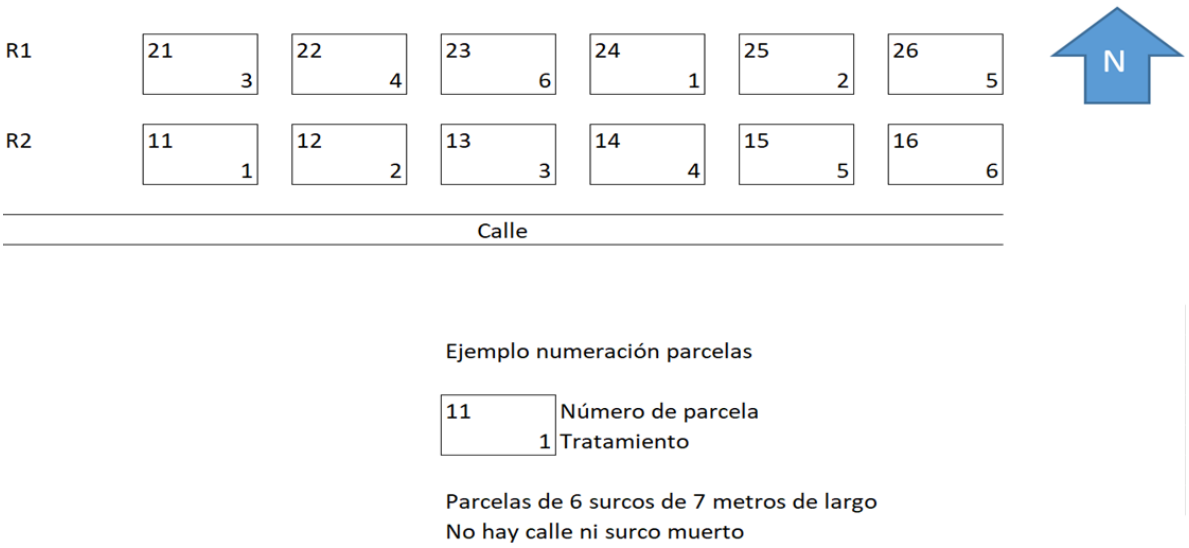
A. Diseño experimental

Para el ensayo de evaluación de la aplicación de fertilizantes a la semilla antes del corte se utilizó el modelo estadístico de Bloques Completos al Azar (BCA). Y se utilizaron 2 repeticiones y 5 tratamientos. El propósito del bloqueo es reducir el error experimental, de modo que las diferencias observadas se deban principalmente a los tratamientos.

B. Unidad experimental

El tamaño de la unidad experimental fue de una parcela de 9 metros de ancho (6 surcos distanciados a 1.5 metros) por 7 metros de largo.

C. Aleatorización



D. Variables respuesta

- Altura de tallos
- Número de plantas por metro lineal
- Yemas brotadas
- Yemas emergidas

E. Toma de datos

- 50 días después de la siembra se extrajo la semilla en un metro lineal y se contabilizo el número de yemas que brotaron, tomando 2 muestras por unidad experimental
- Se realizó un muestreo cada 30 días tomando el número de plantas por metro lineal y altura de 10 plantas.

F. Análisis de datos

En base a los datos recolectados en campo se calculó el porcentaje de yemas brotadas y yemas emergidas con las siguientes formulas.

Porcentaje de brotación = (yemas brotadas / total de yemas) *100
Porcentaje de emergencia = (yemas emergidas / yemas brotadas) *100

Obteniendo el porcentaje de brotación y emergencia se procedió a realizar el análisis estadístico de Bloques Completos al Azar (BCA.). Así mismo se analizó el comportamiento de la población y la altura en el desarrollo del cultivo.

3.3.4 Material y equipo

- Nylon
- Estacas
- Azadón
- Machete
- Libreta de campo

3.3.5 Resultados

En el caso de la finca Agrícola del sur, se evaluaron 6 tratamientos (Cuadro 7) para conocer la eficacia de ciertas mezclas de fertilizantes que ayudan a la estimulación de la yema. El muestreo de brotación y emergencia se realizó 50 días después de siembra. Así mismo se realizaron muestreos para ver el comportamiento de alturas y densidad de población cada 30 días después de la primera muestra, siendo un total de 5 muestreos, con el fin conocer cuál de los 6 tratamientos ayudaba la estimulación de la yema en el cultivo de caña de azúcar. *(Saccharum spp.).*

Cuadro 7. Tratamientos evaluados, en la finca Agrícola del sur.

No.	Tratamientos	Dosis	Época de aplicación	Fecha de aplicación
T1	Urea 46% (al suelo)	25 kg N/Ha	5 Semanas Antes del Corte	15/12/2018
T2	Urea 46% (al suelo)	50 kg N/Ha	5 Semanas Antes del Corte	15/12/2018
T3	N32+Ms Cana+ Kymon Plus (Foliar)	2L + 1Kg + 0.5L	4 Semanas Antes del Corte	26/12/2018
T4	Regalia Maxx (Foliar)	0.8L	4 Semanas Antes del Corte	26/12/2018
T5	Etephon (Foliar)	400 ppm	4 Semanas Antes del Corte	26/12/2018
T6	Testigo			

G. Evaluación de análisis de varianza para determinar si existe un tratamiento que aumente el porcentaje de brotación

En le cuadro 8 y cuadro 9 se presentan los resultados del análisis de varianza para identificar si existe algún tratamiento que aumente el porcentaje de brotación.

Cuadro 8. Análisis de varianza del % yemas brotadas 45 días después de la siembra.

Análisis de varianza					
F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	557.50	5	111.50	0.85	0.5340
BLOQUE	1696.17	3	565.39	4.33	0.0219
ERROR	1960.61	15	130.71		
TOTAL	4214.28	23			
CV	16.58%				

Cuadro 9. Análisis de varianza del % yemas emergidas 45 días después de la siembra.

Análisis de varianza					
F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	404.38	5	80.88	0.67	0.6504
BLOQUE	750.31	3	250.10	2.08	0.1458
ERROR	1803.09	15	120.21		
TOTAL	2957.78	23			
CV	24.52%				

En cuanto al análisis estadístico, con respecto a el porcentaje de yemas brotadas por metro lineal y el porcentaje de yemas emergidas por metro lineal se puede observar en el cuadro 5 y 6 que no existió diferencia significativa entre los tratamientos (p-valor >0.05), por lo que la aplicación de fertilizantes antes del corte a la semilla no ayuda en la brotación por lo que se recomienda no realizar ninguna aplicación ya que si se realiza solo aumenta el costo de la labor.

H. Comportamiento de alturas de plantas de caña de azúcar para los diferentes tratamientos.

La siguiente grafica representa el comportamiento de la altura de las plantas de caña de azúcar para los diferentes tratamientos, el ensayo se le dio seguimiento hasta los 225 días después de la simbra.

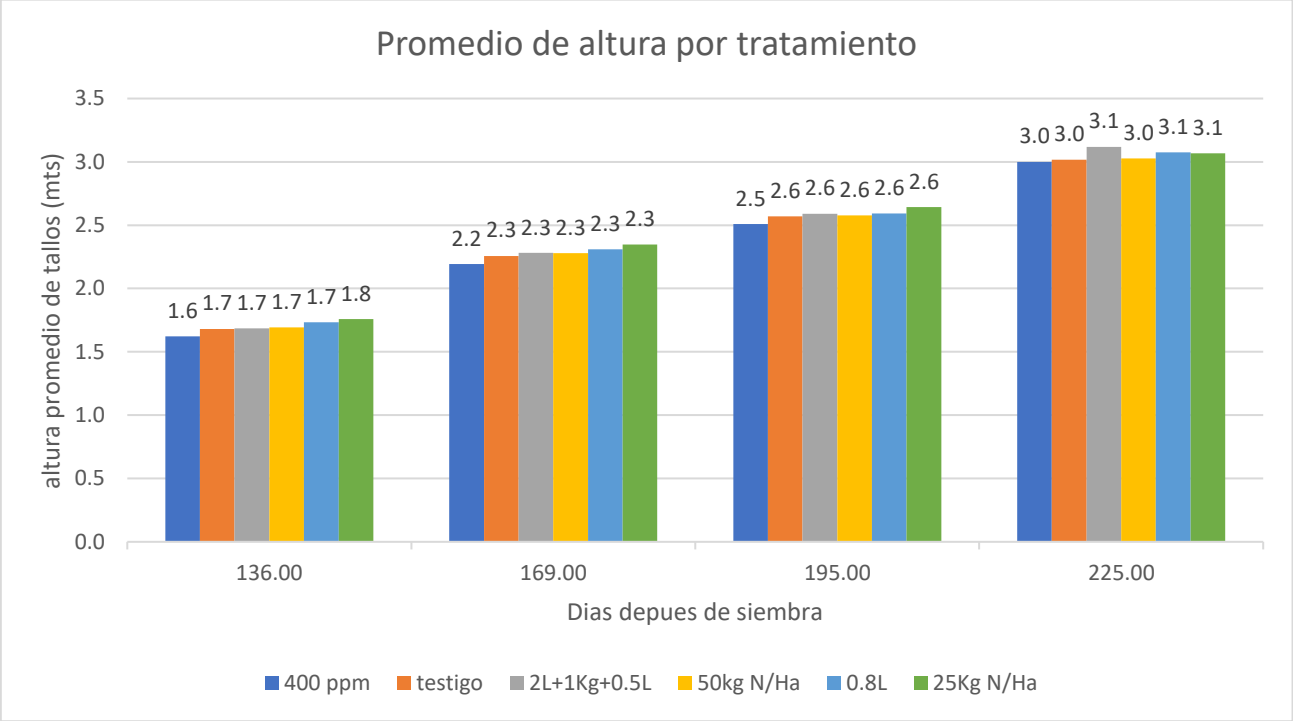


Figura 29. Promedio de altura de 10 plantas de caña de azúcar.

Como se logra observar en la figura 29 no existe cambio en los tratamientos ya que ninguno muestra una diferencia notable en cuanto a las alturas, luego de analizar todos los resultados podemos decir que la aplicación de fertilizante no aumenta la brotación ni ayuda al desarrollo de la planta en su crecimiento al realizar aplicación de fertilizantes antes del corte de semilla.

I. Comportamiento de la población de plantas de caña de azúcar durante su desarrollo

La siguiente grafica representa el comportamiento de población de plantas de caña de azúcar durante su desarrollo, los muestreos se realizaron hasta los 225 días después de la siembra.

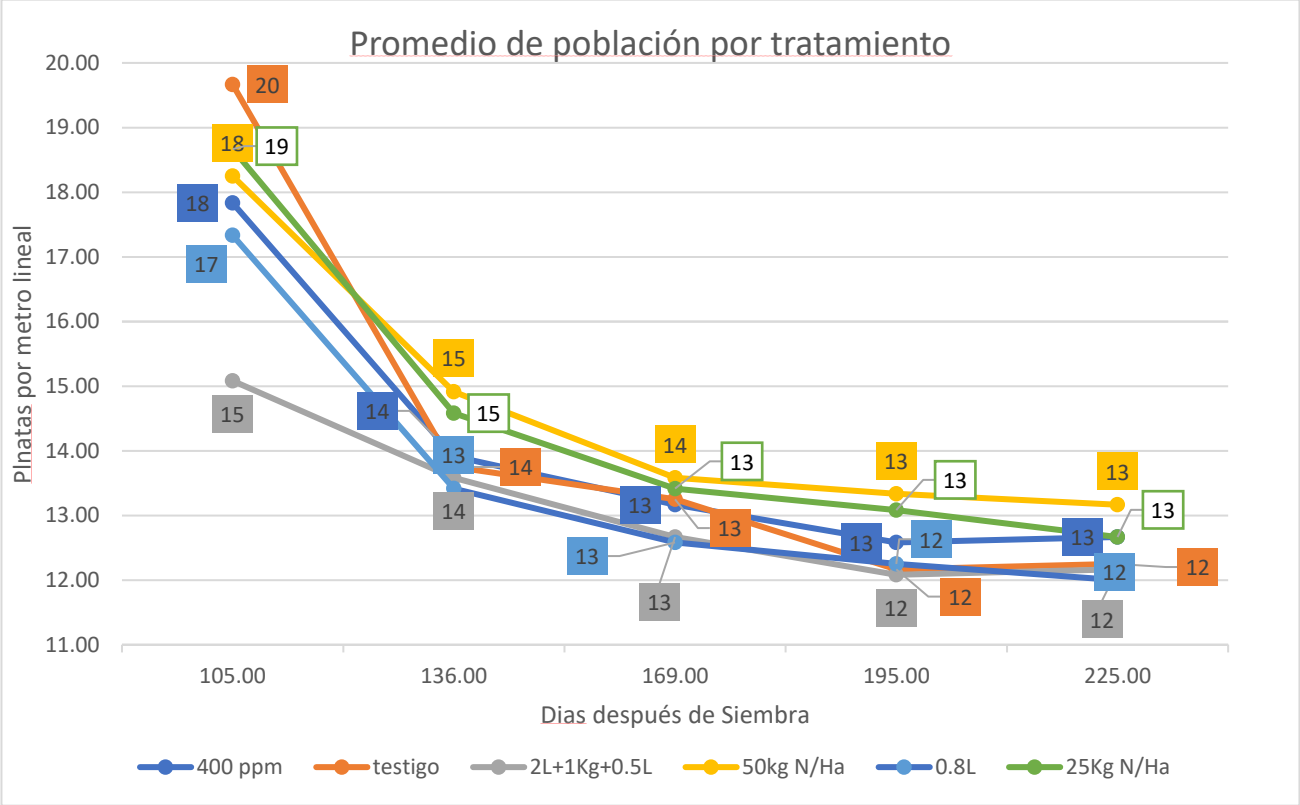


Figura 30. Comportamiento de población por metro lineal.

Como se puede observar en la figura 30 el comportamiento de la población es muy similar ya que se mantiene para todos los tratamientos, se observa que los tratamientos 25kg N/ha y 50kg N/ha aumenta una planta por metro lineal respecto a los demás tratamientos. Por lo cual se puede decir que es porque no tuvieron ningún efecto los tratamientos.

3.3.6 Evaluación

Al finalizar el análisis de datos del ensayo de aplicación de fertilizantes antes del corte de semilla, se determinó que la aplicación de los distintos tratamientos ninguno genero un aumento de brotación de yemas por metro lineal por lo que realizar dicha aplicación solo genera un aumento en el costo de la semilla.

3.4 SERVICIO 2: EVALUACIÓN DE MÉTODO DE SIEMBRA Y NÚMERO DE YEMAS POR METRO LINEAL EN LA FINCA MANDEVILLE

3.4.1 Objetivo general

Evaluar 5 tratamientos con diferente método de siembra y número de yemas por metro lineal, en la finca Mandeville del ingenio Santa Ana.

3.4.2 Objetivos específicos

1. Determinar que tratamiento presenta un mayor número yemas brotadas y emergidas por metro lineal en el cultivo de caña (*Saccharum* spp.).

2. Analizar el comportamiento de alturas durante el desarrollo del cultivo de caña.

3. Analizar el comportamiento de población durante el desarrollo del cultivo de caña.

3.4.3 Metodología

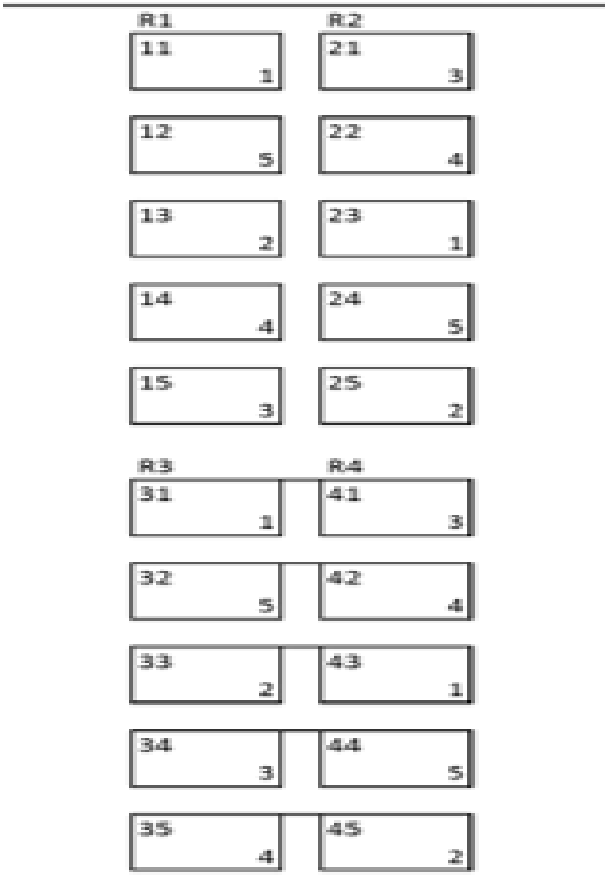
A. Diseño experimental

Para el ensayo de evaluación de numero de yemas por esqueje en semillero. se utilizó el modelo estadístico de Bloques Completos al Azar (BCA). Y se utilizaron 4 repeticiones y 5 tratamientos. El propósito del bloqueo es reducir el error experimental, de modo que las diferencias observadas se deban principalmente a los tratamientos.

B. Unidad experimental

El tamaño de la unidad experimental fue de una parcela de 7.5 metros de ancho (5 surcos distanciados a 1.5 metros) por 10 metros de largo.

C. Aleatorización



Ejemplo numeración parcelas

Número de parcela
Tratamiento

Parcelas de 5 surcos de 10 metros de largo
2.5m de calle entre parcelas

D. Variables respuesta

- Número de yemas brotadas y emergidas por metro lineal
- Altura de tallos
- Número de plantas por metro lineal

E. Toma de datos

- Se tomaron 2 submuestras por unidad experimental de un metro lineal cada muestra, contando el número de yemas brotadas y emergidas a los 50 días después de la siembra

- Se realizó un muestreo cada 30 días tomando un área de 5 metros lineales, tomando el número de plantas y altura de 10 plantas dentro del punto de muestreo.

3.4.4 Material y equipo

- Nylon
- Estacas
- Azadón
- Machete
- Libreta de campo

3.4.5 Resultados

En la finca Mandeville, se evaluaron 5 tratamientos (Cuadro 10) para determinar el método de siembra más eficiente en donde se obtenga el mayor número de yemas brotadas y yemas emergidas, así como el buen desarrollo de la planta y productividad, en este caso se evaluó el porcentaje de yemas brotadas y emergidas, así como el comportamiento de población y alturas ya que por cuestiones de tiempo no se pudo llegar a la cosecha.

Cuadro 10. Tratamientos evaluados, en la finca Agrícola del sur.

Tratamiento	Yemas/m	Tipo de semilla
1	12 yemas/m	1 yema
2	16 yemas/m	1 yema
3	16 yemas/m	Tolete sin entrenudo
4	16 yemas/m	Tolete con entrenudo
5	16 yemas/m	Esqueje de 40 cm

F. Evaluación de análisis de varianza para determinar si existe un tratamiento que aumente el numero de yemas brotadas y emergidas por metro lineal en el cultivo de caña de azúcar

En le cuadro 11 y cuadro 12 se presentan los resultados del análisis de varianza para identificar si existe algún tratamiento que aumente el numero de yemas brotadas y emergidas por metro lineal en el cultivo de caña de azúcar.

Cuadro 11. Análisis de varianza del % yemas brotadas 50 días después de la siembra.

Análisis de varianza					
F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	1016.47	4	254.12	0.84	0.5132
BLOQUE	1854.55	7	264.94	0.87	0.5398
ERROR	8499.11	28	303.54		
TOTAL	11370.13	39			
CV	21.64%				

Cuadro 12. Análisis de varianza del % yemas brotadas 50 días después de la siembra.

Análisis de varianza					
F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	746.81	4	186.70	0.75	0.5651
BLOQUE	3058.87	7	436.98	1.76	0.1355
ERROR	6952.08	28	248.29		
TOTAL	10757.76	39			
CV	18.59				

En cuanto al análisis estadístico, con respecto a el porcentaje de yemas brotadas por metro lineal y el porcentaje de yemas emergidas por metro lineal se puede observar en el cuadro 11 y cuadro 12 que no existió diferencia significativa entre los tratamientos (p-valor >0.05), por lo decimos que el método de siembra y numero de yemas por metro lineal no influye en el aumento de brotación y emergencia ya que estadísticamente no existe diferencia significativa entre los distintos tratamientos, por ello se debe estudiar más él porque del problema de bajo porcentaje de brotación y emergencia en las yemas de caña de azúcar.

G. Comportamiento de alturas de plantas de caña de azúcar para los diferentes tratamientos.

La siguiente grafica representa el comportamiento de la altura de las plantas de caña de azúcar para los diferentes tratamientos, el ensayo se le dio seguimiento hasta los 170 días después de la simbra.

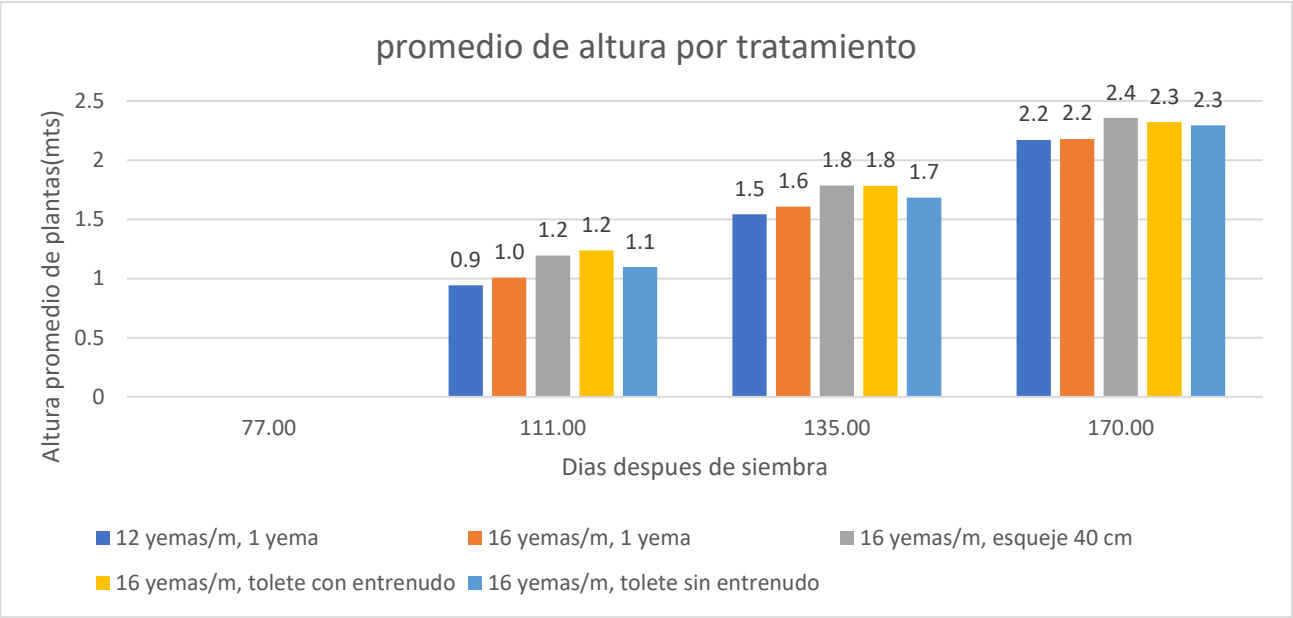


Figura 31. Promedio de altura de 10 plantas de caña de azúcar.

Como se logra observar en la figura. 31 existe un patrón que se mantiene en todo el crecimiento de la planta por lo que cabe la posibilidad de que el método de siembra si afecta al desarrollo de la planta en cuanto alturas de planta, por lo que se recomienda realizar nuevamente el ensayo y evaluar rendimientos.

H. Comportamiento de la población de plantas de caña de azúcar durante su desarrollo

La siguiente grafica representa el comportamiento de población de plantas de caña de azúcar durante su desarrollo, los muestreos se realizaron hasta los 170 días después de la siembra

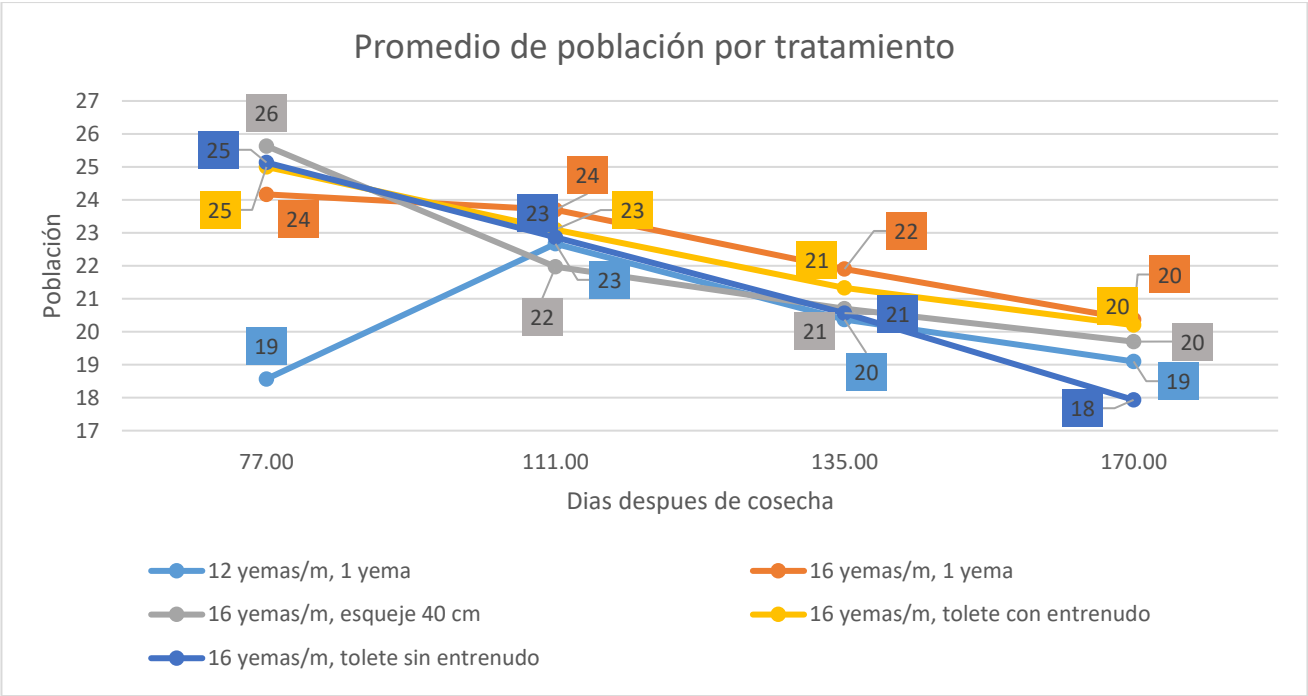


Figura 32. Comportamiento de número de plantas por metro lineal.

Como se puede observar en la figura 32 el comportamiento de la población es muy similar ya que se mantiene para todos los tratamientos, ya que todos llevan la misma tendencia, en un inicio el tratamiento de 12 yemas por metro lineal la población era baja, pero se puede observar que en el siguiente muestreo tiene la misma población que los demás tratamientos esto se debe a la regulación de población que se da en la caña. La viabilidad de las yemas no influye según su método de siembra, las razones de un tratamiento con 12 yemas por metro lineal eran para observar si existía alguna diferencia respecto a los demás tratamientos pero se pudo observar que el comportamiento es el mismo por lo que se puede ver que la viabilidad de la semilla es la misma y no existe un aumento de tallos por la regulación que existe, es por ello que se debe evaluar más a fondo la reducción de yemas por metro lineal para poder reducir los costos y llevar a cabo el ensayo a cosecha para observar el rendimiento. tener un alto porcentaje de viabilidad de semillas no ayuda según los resultados obtenidos en este caso ya que al final se regula la población.

3.4.6 Evaluación

Al finalizar el análisis de datos del ensayo de método de siembra y numero de yemas por metro lineal, se determinó que estadísticamente no se encontró diferencia significativa en el porcentaje de brotación y emergencias de yemas. Analizando la gráfica de población se observó que la diferencia máxima en el número de plantas fue de una planta por lo que no es una gran diferencia. En cuanto a las alturas si existe la posibilidad de que afecte el método de siembra ya que se nota un patrón en el crecimiento y una diferencia notable en la altura de las plantas. Para poder concluir con el análisis se debe repetir el ensayo y analizar rendimientos.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
COORDINACIÓN AREA INTEGRADA –EPS-

Ref. SAIEPSA.09.Seg.S.2021

Guatemala, 18 de agosto de 2021

TRABAJO DE GRADUACIÓN:	DETERMINACIÓN BOTÁNICA Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS ESPECIES DE MALEZAS DE MAYOR IMPORTANCIA EN FINCA LA PINTA, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y APLICACIONES AEREAS DEL INGENIO SANTA ANA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.
ESTUDIANTE:	JURGEN EDUARDO SOTO ANGEL
No. CARNÉ	201319900

Dentro del Trabajo de Graduación se presenta el Capítulo II que se refiere a la Investigación Titulada:

"DETERMINACIÓN BOTÁNICA Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS ESPECIES DE MALEZAS DE MAYOR IMPORTANCIA EN FINCA LA "PINTA", DEL INGENIO SANTA ANA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A."

LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Eduardo Pretzancin
Ing. Agr. Camilo José Wolford
Ing. Agr. Marino Barrientos García

Los Asesores de Investigación, Docente Asesor de EPSA y la Coordinación del Área Integrada, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y Reglamento de la Facultad de Agronomía. En tal sentido, pase a Decanatura.

"Id y Enseñad a Todos"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS FACULTAD DE AGRONOMIA COORDINACION SUBAREA EPSA

Vo. Bo. Ing. Agr. M.A. Pedro Peláez Reyes
Coordinador Area Integrada – EPS

cc.archivo
PPR/azud

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA – FAUSAC -
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS
Y AMBIENTALES – IIA -

REF. Sem. 28/2021

EL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: **"DETERMINACIÓN BOTÁNICA Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS ESPECIES DE MALEZAS DE MAYOR IMPORTANCIA EN FINCA LA "PINTA", DEL INGENIO SANTA ANA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A."**

DESARROLLADO POR EL ESTUDIANTE: **JURGEN EDUARDO SOTO ÁNGEL**

CARNÉ: **201319900**

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES: **Ing. Agr. Eduardo Pretzancin**
Ing. Agr. Camilo José Wolford
Ing. Agr. Marino Barrientos

Los Asesores y la Dirección del Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales de la Facultad de Agronomía, hace constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y el Reglamento de este Instituto. En tal sentido pase a la Dirección del Área Integrada para lo procedente.

Ing. Agr. Camilo José Wolford
ASESOR ESPECIFICO

Ing. Agr. Marino Barrientos
DOCENTE-ASESOR EPS

FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO
DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS
DIRECCION
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Ing. Agr. Carlos Fernando López Búcaro
DIRECTOR DEL IIA

CFLB/nm
c.c. Archivo

Edificio T-8, Of. A-10 y A-15 Ciudad Universitaria, Zona 12,
Guatemala, C. A. 01012 Apartado Postal 1545,
Teléfono: (502) 2443-9504 y 05, Fax: (502) 2476-9794 Correo-e iiadms@yahoo.com.mx

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
Acreditada Internacionalmente

DECANATO

No. 65.2021

Trabajo de Graduación:	"DETERMINACIÓN BOTÁNICA Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS ESPECIES DE MALEZAS DE MAYOR IMPOTANCIA EN FINCA LA PINTA, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y APLICACIONES AEREAS DEL INGENIO SANTA ANA, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A. "
Estudiante:	Jurgen Eduardo Soto Angel
Carné:	201319900

"IMPRÍMASE"

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DECANO FACULTAD DE AGRONOMIA

Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
DECANO