

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PROCESO DE READECUACIÓN Y REGISTRO DE INFORMACIÓN DE LAS PLANTACIONES DE PALMA AFRICANA (*Elaeis guineensis* Jacq), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, EN FINCA YALCOBÉ, FRAY BARTOLOMÉ DE LA CASAS, ALTA VERAPAZ, GUATEMALA. C.A.

ANDREA CELESTE GUERRA SAMAYOA

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PROCESO DE READECUACIÓN Y REGISTRO DE INFORMACIÓN DE LAS PLANTACIONES DE PALMA AFRICANA (*Elaeis guineensis* Jacq), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, EN FINCA YALCOBÉ, FRAY BARTOLOMÉ DE LA CASAS, ALTA VERAPAZ, GUATEMALA. C.A.

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

POR

ANDREA CELESTE GUERRA SAMAYOA

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
VOCAL PRIMERO	Dr. Tomás Antonio Padilla Cámbara
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. M.A. César Linneo García Contreras
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. M.Sc. Eberto Raúl Alfaro Ortiz
VOCAL CUARTO	Br. Industrial. Miltón Juan Josué Caná Aguilar
VOCAL QUINTO	P. Agr. Cristian Alexander Méndez López
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

Guatemala, septiembre de 2016

Guatemala, septiembre de 2016

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 vuestra consideración, el trabajo de graduación: Proceso de readecuación y registro de información de las plantaciones de palma africana (*Elaeis guineensis* jacq), diagnóstico y servicios en sistema de información geográfica, en finca Yalcobé, Fray Bartolomé de la Casas, Alta Verapaz, 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”

Andrea Celeste Guerra Samayoa

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS: Por bendecirme, dándome sabiduría, entendimiento, fortaleza y por permitirme alcanzar una meta más, por haber estado presente en los momentos difíciles, por guiarme por el camino correcto.

MIS PADRES: Rubén Guerra Cruz y Elsa Esperanza Samayoa Martínez, por su amor incondicional, apoyo constante, sabios consejos, inagotables esfuerzos y sacrificios para poder alcanzar esta meta y siendo guías en mi camino.

MIS HERMANOS: Cristian Guerra, Karen Guerra y Osvin Guerra por su amor en cada momento y por su apoyo incondicional.

MIS FAMILIARES: Tíos, primos, a todos y cada uno ustedes por estar siempre pendientes y dispuestos a apoyarme en todo momento.

MIS AMIGOS: A mis amigos de la Facultad de Agronomía, que compartimos momentos agradables y momentos de fatiga en el proceso de nuestra formación y experiencias vividas en especial a José Roldan, Roger Montejo, Alma Santos, Juan Josué Santos, William Sosa, Eliseo Salazar, Daniel Barrios Ixchebel Noj, Gerson Coy, Sayury Castillo, Keyla Patzán, Raúl Lemus, Raúl Córdova, Karla Pocasangre, Roselia Solares, Alba Noh por apoyarme en todo momento, por estar en los momentos difíciles.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

- Dios.
- Guatemala.
- La Universidad de San Carlos de Guatemala.
- La gloriosa Facultad de Agronomía.
- Mis padres.

AGRADECIMIENTOS

A:

Mis padres: Por todo su amor y apoyo incondicional en cada etapa y momento de mi vida.

Mis amigos: José Roldan, Roger Montejo, Alma Santos, Juan Josué Santos, William Sosa, Eliseo Salazar, Daniel Barrios Ixchebel Noj, Gerson Coy, Sayury Castillo, Keyla Patzán, Raúl Lemus, Raúl Córdova, Karla Pocasangre, Roselia Solares, Alba Nohpor tantos años de amistad y tantos momentos compartidos.

Dr. Marco Vinicio, por haberme brindado su confianza, apoyo y por su esmerada dedicación en el proceso de mi EPS y por su preocupación en que se llevara a cabo el presente trabajo.

Ing. Agr. Carlos López, por el aporte de conocimientos, consejos y colaboración en la realización de proyecto de investigación.

A NaturAceites, por brindarme la oportunidad de realizar mi EPS, gracias por su confianza y apoyo.

ÍNDICE GENERAL

	Página
CAPÍTULO I	1
1.1 PRESENTACIÓN	3
1.2 OBJETIVOS	4
1.2.1 General	4
1.2.2 Específicos	4
1.3 METODOLOGÍA.....	5
1.3.1 Descripción de la información existente	5
1.3.2 Análisis FODA	5
1.3.3 Jerarquización de problemas	5
1.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	6
1.4.1 Localización y Delimitación	6
1.4.2 Superficie Geográfica.....	6
1.4.3 Vías de acceso:.....	6
1.4.4 Clima	7
1.4.5 Uso actual del suelo	7
1.4.6 Implementación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la agricultura de precisión.....	7
1.4.7 Encuesta elaboradas para las áreas de Nutrición Vegetal, Sanidad Vegetal y Sistema de Información Geográfica	9
1.4.8 Encuesta al área de Sanidad Vegetal	11
1.4.9 Análisis FODA.....	13
1.4.10 Jerarquización de Problemas.....	15
1.5 CONCLUSIONES.....	17
1.6 BIBLIOGRAFÍA.....	18
CAPÍTULO II	19

	Página
2.1	PRESENTACIÓN..... 21
2.2	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA..... 23
2.3	MARCO TEÓRICO 25
2.3.1	MARCO CONCEPTUAL 25
2.3.2	MARCO REFERENCIAL..... 32
2.4	OBJETIVOS..... 40
2.4.1	Objetivo general..... 40
2.4.2	Objetivos específicos 40
2.5	HIPÓTESIS 41
2.6	METODOLOGÍA 42
2.6.1	Codificación, localización y validación de palmas..... 42
2.6.2	Elaboración de mapas temáticos 45
2.6.3	Elaboración de manual de procedimiento 46
2.7	RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... 47
2.7.1	Codificación, localización y validación de palmas en el área de cultivo 47
2.7.2	Elaboración de mapas temáticos 51
2.7.3	Manual de readecuación y registro de la plantación 54
2.8	CONCLUSIONES 96
2.9	RECOMENDACIONES 97
2.10	BIBLIOGRAFÍA 98
2.11	ANEXOS: Glosario de términos utilizados 100
CAPÍTULO III 21	
3.1	PRESENTACIÓN..... 105
3.2	ÁREA DE INFLUENCIA..... 106
3.3	OBJETIVO GENERAL 106
3.4	SERVICIOS PRESTADOS 106
3.4.1	Actualización de la situación de las condiciones actuales de la plantación de la finca Yalcobé. 106

3.4.2	Realización de mapas temáticos de la posición de palmas afectadas por la enfermedad de Pudrición de Cogollo (PC) en la finca Yalcobé.....	109
3.4.3	Manual de implementación de SIG en la lectura de niveles freáticos de pozos de la finca Yalcobé.....	112
3.5	CONCLUSIONES.....	121

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Grado de Severidad 1 en pudrición de Cogollo en finca Yalcob	12
Figura 2 Grado de Severidad 2 en pudrición de Cogollo en finca Yalcobé	12
Figura 3 Grado de Severidad 3 en pudrición de Cogollo en finca Yalcob	13
Figura 4. Diseño del establecimiento del cultivo de palma africana cuando se realiza la siembra por el método Tresbolillo	28
Figura 5 Mapa de ciclo de cosecha en la finca Yalcobé, representada en días.....	30
Figura 6. Ubicación de la Finca Yalcobé, Fray Bartolomé de las casas, Alta Verapaz.	32
Figura 7 Mapa de distribución de la temperatura anual (°C y %).....	33
Figura 8. Mapa de distribución de la precipitación promedio anual (mm y %)	34
Figura 9. Mapa de órdenes de suelo del país de Guatemala según la clasificación FAO/UNESCO	36
Figura 10. Código para la identificación de los lotes o pantes, conformado por la región, número de lote y número de finca	44
Figura 11: Código para la identificación de los lotes o pantes	44
Figura 12. Presentación grafica de las variables decisivas del censo de la plantación de palma africana (E. guineensis.).....	49
Figura 13. Utilización de plantilla de punto en el programa AutoCAD.....	50
Figura 14. Elaboración de mapa temático de variable en el programa AutoCAD	51
Figura 15. Mapa temático de caminos de la finca Yalcobé	52
Figura 16. Mapa temático de drenajes artificiales y naturales de la finca Yalcobé	53
Figura 17. Presentación final del mapa temático de variables analizadas	53
Figura 18 Descripción de la plantilla de puntos adjunto el personal de campo validando la misma y el área de evaluación.....	54
Figura 19. Presentación grafica de las variables representadas por códigos en la plantación.....	55
Figura 20 Código para la identificación de los lotes o pantes, conformado por la región, número de lote y número de finca.	56
Figura 21. Descripción de información del lote, conformado por año, hectáreas, densidad y variedad.	57

Figura 22. Seleccionar plantilla de punto correspondiente al lote	57
Figura 23. Proceso de almacenamiento de la plantilla de punto	58
Figura 24. Guardar el archivo con la codificación del lote.	58
Figura 25. Orientación del mapa antes de dibujar en el programa AutoCAD	59
Figura 26. Comando poli línea para trazar el perímetro del lote.....	59
Figura 27 Guía para dibujar el contorno del lote 20102 haciendo uso del comando PL	60
Figura 28. Proceso de depuración de puntos.....	60
Figura 29. Creación de capas con la opción Layer.	61
Figura 30 Adición de capas con el icono new layer.....	61
Figura 31 Identificación de las variables haciendo uso de capas.....	62
Figura 32. Eliminación de puntos sobrepuestos haciendo uso del comando OVERKILL...	63
Figura 33. Elegir ortofoto haciendo uso del comando MAPIINSET	64
Figura 34. Elección de ortofoto para la ubicación de palmas	65
Figura 35 <i>Acercamiento de la ortofoto haciendo uso del comando ZOOM</i>	65
Figura 36 Ubicación del lote en la ortofoto	66
Figura 37 Selección del perímetro del lote en cuestión.....	66
Figura 38 Seleccionar el perímetro del lote en AutoCAD	67
Figura 39 Ubicación del perímetro del lote en la ortofoto	67
Figura 40 Ubicación del mapa de variables en la ortofoto.....	68
Figura 41 Procedimiento de seguridad para las capas (layer)	69
Figura 42 Proceso de rotación usando un punto de referencia	69
Figura 43 Comando rotate para rotación de figura o mapas	70
Figura 44 Comando LIS para verificar las coordenadas de cada punto o palma	70
Figura 45 Proceso de selección de caminos, drenajes del lote en cuestión	71
Figura 46 Traslado del archivo con sus respectivas variables y coordenadas	72
Figura 47 Rotación del mapa hacia el Norte	73
Figura 48 Inicio del programa de ArcGIS 10.1	74
Figura 49 Herramienta ADD DATA que exporta la información al programa ArcGIS.....	74
Figura 50. Elegir el archivo DWG elaborado en el programa AutoCAD	75
Figura 51. Exportación de archivo DWG hacia al programa ArcGIS	75

	Página
Figura 52. Ubicación de las carpetas de almacenamiento en el disco C	76
Figura 53 Selección de los shape POINT y POLYLINE	76
Figura 54.Exportación de archivo hacia a la carpeta shape.....	77
Figura 55 Archivos de shape de POINT y POLIGONE	78
Figura 56.Remoción de los shape sin utilización	79
Figura 57 Taba de atribuciones del lote seleccionado	80
Figura 58. Coordenadas x, y del lote correspondiente haciendo uso de la tabla de atributos.	81
Figura 59.Columba FID enumerara cada punto o palma del lote.....	82
Figura 60.Selección de formula dependiendo de la dirección de los centros fruteros	83
Figura 61.Convertir las coordenadas en número entero	84
Figura 62.Selección de la segunda fórmula para las coordenadas.....	85
Figura 63. Elección de la tercera fórmula para la codificación de las variables	86
Figura 64.Tercer formula revelará la cantidad de palmas pro centros fruteros.....	87
Figura 65.Guardar en la carpeta XLS la base de datos que se realizó en base a las formulas	87
Figura 66. Unión de base datos con el programa ArcGIS.....	88
Figura 67.La columna FID trasladará información a la tabla de atributos	89
Figura 68.Base de datos que manejará para su actualización.....	90
Figura 69. Exportación de información que se guardara en el disco C.....	91
Figura 70.Presentación de mapa de variables estudiadas.....	92
Figura 71. Proceso de recolección de información en campo.....	93
Figura 72.Actualización de base de datos a través de ArcGIS	94
Figura 73 Digitación del lote 20118 de la finca Yalcobé	109
Figura 74 Mapa de incidencia de pudrición de cogollo en la finca Yalcobé	112
Figura 75 Esquema de toma de datos de nivel freático para las actividades de campo en las fincas de NaturAceites S.A.	114
Figura 76 Comportamiento de nivel freático en la finca Yalcobé	115

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Densidad de la variedad de palma africana para la finca Yalcobé	9
Cuadro 2. Lotes con deficiencia nutricional de la finca Yalcobé.....	11
Cuadro 3. Escala de severidad	11
Cuadro 4. Análisis FODA del área de Sistema de información geográfica (SIG) de la finca Yalcobé	14
Cuadro 5. Definición de la importancia en función de la factibilidad y la frecuencia de los problemas encontrados	15
Cuadro 6. Matriz de priorización de problemas	15
Cuadro 7. Distanciamiento de siembra para el cultivo de palma africana en la empresa Naturaceites, dependiente de la variedad	26
Cuadro 8: Densidad de siembra depende de la variedad de palma africana.	27
Cuadro 9. Codificación de palmas a nivel de campo, ejecutado en el mapa de referencia	43
Cuadro 10: Codificación de Palmas a nivel de Campo y en forma Digitalizada	44
Cuadro 11. Representación gráfica de las variables analizadas, identificadas por color dentro del mapa temático	50
Cuadro 12 Codificación de Palmas a nivel de Campo y en forma Digitalizada	108

RESUMEN

El presente trabajo de graduación consta de tres partes: el diagnóstico, la investigación y los servicios, mismas que se desarrollaron, durante el período de febrero a noviembre de 2014; en el área Sistema de Información Geográfica –SIG-, ubicado en el municipio de Fray Bartolomé de Las Casas, Alta Verapaz, Guatemala, C. A.

En el capítulo I, se centró en realizar el diagnóstico del área de Sistema de Información Geográfica, de la finca Yalcobé. Para ello se recopiló información a través de revisiones bibliográficas sobre el funcionamiento de los programas: ArcGIS y AutoCAD. Se realizaron encuestas dirigidas a las áreas de nutrición vegetal y sanidad vegetal para obtener información en relación a la aplicabilidad que en dichas áreas se le da a los programas en mención y que forman parte importante del área de SIG. Así mismo se usó la técnica FODA y se jerarquizó su importancia a través de una matriz de priorización de problemas que se presentan en el documento correspondiente.

En el capítulo II, se presenta la investigación, la cual consistió en el proceso de readecuación y registro de información de las plantaciones de palma africana (*Elaeis guineensis*) en la finca Yalcobé, Fray Bartolomé de las Casa, Alta Verapaz, con el objetivo de conocer el estado actual del cultivo el cual permitió determinar la cantidad de palmas existentes a nivel de detalle en la finca. Ésta actividad la realizaba con anterioridad el área de nutrición vegetal, donde se manejaba la información en una base de datos de Excel, la cual se recopilaba anualmente por los trabajadores de campo quienes no realizaban un censo como tal sino se guiaban de la información que encontraban anotadas en piedras que se localizan al inicio de cada centro frutero, en las cuales se describía la información tales como: el número de pante, centro frutero y número de palmas. La problemática de esta actividad se presentaba en el exceso de uso del fertilizante o déficit del mismo, lo cual afectaba directamente los costos totales de producción.

Como solución se planeó realizar un censo de forma directa, tomando como variables: palmas vivas o en producción, palmas muertas, área sin palma y en recuperación para

estimar la cantidad de fertilizante a aplicar en un pante en base al número de palmas y así evitar el exceso o falta de fertilizante, y que a su vez ésta actividad se pudiera considerar y realizar para la estimación de la productividad de la finca, tomando como base las toneladas de fruta cosechadas y el número de palmas vivas presentes en la misma.

En el desarrollo de esta investigación para el levantamiento de datos en campo se utilizaron programas como AutoCAD y ArcGIS para generar una base de datos permanente y confiable y dejar constancia de lo realizado en el área de SIG. Se elaboró una manual de procedimiento en la cual explica cómo se realiza el censo de palmas en campo y transformar esa información en mapas temáticos. El manual servirá como guía para la implementación del censo en las dos regiones de la empresa NaturAceites, también se utilizará como constancia para futuras certificaciones.

En el capítulo III, se presentan los servicios prestados al área de SIG durante la ejecución del –EPS–, el primero consistió la actualización de las posiciones actuales de las palmas en la finca Yalcobé con el fin de generar un plano de la distribución actual de la plantación tomando en cuenta la información sobre la cantidad de palmas existentes en un pante, además permite observar el número de palmas muertas, área sin palma que podrían ser o no utilizados dependiendo de las condiciones de suelo. El segundo servicio fue la elaboración de un mapa temático de la posición de palmas afectadas por la enfermedad de pudrición de cogollo en la región de la Franja Transversal del Norte – FTN- y el último servicio consistió en la elaboración de un manual de monitoreo de pozos de observación de nivel freático.

CAPÍTULO I

**DIAGNÓSTICO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG), DEL
DEPARTAMENTO TÉCNICO AGRÍCOLA DE LA FINCA YALCOBÉ, NATURACEITES.**

1.1 PRESENTACIÓN

El Sistema de Información Geográfica (SIG) por definición es un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar de forma ordenada, almacenamiento, transformación y presentación de toda la información geográfica de sus características, con la finalidad de satisfacer múltiples propósitos. El SIG es una tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial, la cual surgió como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de modo inmediato.

El área de SIG forma parte del departamento técnico agrícola, de la empresa productora de aceite de palma NaturAceites S.A., dicha área se encuentra relacionada directamente con las áreas de nutrición vegetal y sanidad vegetal, quienes proporcionan datos los cuales los transforman de forma gráfica o en mapas temáticos para su análisis y toma de decisiones en dichas áreas.

El diagnóstico se llevó a cabo en tres fases, la primera fase consistió en la búsqueda de información a través de la revisión bibliográfica sobre el funcionamiento de los programas de ArcGIS y AutoCAD, posteriormente se realizaron encuestas dirigida a las áreas de nutrición vegetal y sanidad vegetal. En la segunda fase se realizó un análisis FODA en el cual se pudo identificar los problemas que dificultan el desarrollo de las actividades cotidianas dentro del área, y en la tercera fase se realizó una jerarquización de problemas la cual los clasifica en un orden descendente, es decir, ordenándolo de mayor importancia al de menor importancia.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 General

Conocer la estructura y función del sistema que se maneja en la actualidad y compararlo con AutoCAD y ArcGIS, en la finca Yalcobé, con la finalidad de implementar una agricultura de precisión en Palma Africana (*E guineensis*).

1.2.2 Específicos

- Describir el uso de la información obtenida por el área de nutrición vegetal y sanidad vegetal recopilada por SIG en el departamento técnico agrícola.
- Realizar un análisis FODA que actualmente presenta el área de SIG.
- Jerarquizar los problemas internos utilizando una matriz de priorización de problemas.

1.3 METODOLOGÍA

1.3.1 Descripción de la información existente

Se obtuvo información a través de revisión bibliográfica sobre el funcionamiento de los programas ArcGIS y AutoCAD, los cuales actualmente son importante en la agricultura.

Se realizó encuesta dirigida a las áreas de nutrición vegetal y sanidad vegetal para obtener información que dichas área maneja en relación con el área SIG.

1.3.2 Análisis FODA

Se identificaron las fortalezas, oportunidad, debilidades y amenazas del área de SIG.

1.3.3 Jerarquización de problemas

Se realizó una matriz con información primaria y secundaria que fue recabada previamente para detectar los problemas rápidamente y lograr jerarquizar los problemas en un orden descendente.

1.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.4.1 Localización y Delimitación

La finca Yalcobé, NaturAceites se encuentra ubicada en el municipio de Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, Guatemala. Colinda al Norte con los municipios de Sayaxché y San Luis Petén; al Sur con los municipios de Santa María Cahabón y San Pedro Carchá, Alta Verapaz; al Oriente con los municipios de San Luis, Petén y Chahal, Alta Verapaz y al Occidente con el municipio de Raxruha, Alta Verapaz (MAGA 2007).

1.4.2 Superficie Geográfica

De acuerdo con los datos del Sistema de Información Geográfica de NaturAceites, la finca Yalcobé posee una superficie total de 633.9 ha de extensión.

1.4.3 Vías de acceso:

El recorrido para poder ingresar a la finca Yalcobé, NaturAceites, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz dirigiéndose desde la ciudad capital de Guatemala puede ser por dos vías, una de ellas es por la ruta que conduce a Cobán con un promedio de 4 horas y media de viaje utilizando el transporte Monja Blanca, luego de Cobán a Fray Bartolomé de las Casas atravesando las poblaciones Chisec y Raxruhá con microbuses que se dirigen de Cobán a Fray Bartolomé de las Casas, el recorrido total es de 325 km de la ciudad capital con un promedio de 7 horas y media de viaje.

Otra vía de acceso es por la Franja Transversal del Norte dirigiéndose de la ciudad capital a Río Dulce, Cadenas, Chahal, Fray Bartolomé de las Casas, para ingresar a la finca Yalcobé, el tiempo promedio desde Fray Bartolomé de las Casas es de 10 minutos, estando el ingreso a la finca sobre la franja transversal del Norte.

1.4.4 Clima

De acuerdo con (Barrera, 2006), el clima que predomina en la región es cálido húmedo, marcándose dos épocas, la época seca en los meses de marzo a mayo y la época lluviosa el resto del año, la temperatura promedio percibida en el municipio es de 25 grados Celsius, la máxima extrema de 38 grados Celsius y la mínima extrema de 14 grados Celsius.

1.4.5 Uso actual del suelo

Debido a las condiciones climáticas predominantes en la finca Yalcobé, el uso actual del suelo es con cultivo de palma africana. En los espacios donde no se ha podido establecer palma está cubierta de bosque denso latifoliado muy rico en especies de maderas duras que son muy apetecidas en el mercado, nos referimos a especies como el Cedro, la Caoba, Santa María, Hormigo, Chicozapote, Rosul, y otras, constituye una reserva forestal (MAGA 2007).

1.4.6 Implementación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la agricultura de precisión

La agricultura es considerada como una de las actividades económicas más importantes para los países en vías de desarrollo, por esta razón a través del tiempo ha ido evolucionando y adaptando nuevas estrategias con el propósito de cubrir los requerimientos de los productores y de las distintas formas de cultivo. Un ejemplo de esto es la denominada agricultura de precisión, la cual se refiere a la gestión de la producción agrícola a partir de la observación, la medida y la forma de resolver cualquier factor que puedan determinar que un cultivo tenga éxito o no.

La agricultura de precisión funciona como un esquema de administración que hace uso de múltiples tecnologías, con el objetivo de recolectar datos útiles que permitan favorecer a la producción a través de la comparación de diferentes fuentes; no obstante, ayuda a recopilar, interpretar y aplicar la información obtenida con el fin de impulsar y avanzar hacia una mejora que beneficie a la agricultura en distintas escalas.

Esta actividad hace uso de herramientas que permiten aumentar la rentabilidad de los cultivos, así como su calidad, cantidad y rendimiento, por lo tanto ocupa elementos como computadoras, sensores de suelo, sistemas de posicionamiento global (GPS), sistemas de información geográfica, monitores de rendimiento y cualquier otra tecnología que ayude a controlar y automatizar el manejo específico de una zona o área de cultivo y además que permita gestionar de forma localizada a distintas especies vegetales desde diferentes puntos.

La agricultura de precisión ayuda a aumentar la eficiencia productiva de manera considerable, ya que permite llevar a cabo un análisis mucho más profundo del área; lo cual implica conocer la variabilidad del campo, es decir que a través de esto es posible saber si el lugar es óptimo para cultivar y qué se puede producir en él, entre otras cosas; además gracias a esta técnica se pueden realizar muestreos del suelo con el fin de conocer sus condiciones, el tipo de materia orgánica con la que cuenta, las deficiencias y los nutrientes que puede aportar.

Otro de los beneficios de poner en práctica esta actividad es que permite saber con precisión qué tipo de riego necesita la zona, si es necesario aplicar fertilizantes y qué técnica de cultivo es la más adecuada. Mediante la aplicación de este tipo de tecnología también es posible identificar el tipo de plagas que pueden atacar a la producción y llevar a cabo un control más minucioso.

Gracias a las características que tiene la agricultura de precisión se pueden ahorrar los recursos como el agua, los nutrientes y la energía; además es posible disminuir el impacto al medio ambiente y obtener productos más nutritivos; Este tipo de agricultura ayuda a la reducción en los costos de producción y mayores rendimientos con el mismo nivel de productos.

1.4.7 Encuesta elaboradas para las áreas de Nutrición Vegetal, Sanidad Vegetal y Sistema de Información Geográfica

1.4.7.1 Encuesta al área de SIG

¿Distanciamiento existente en la plantación en la finca Yalcobé?

¿Qué variedades maneja la finca Yalcobé?

¿De qué depende la densidad de siembra?

Cuadro 1. Densidad de la variedad de palma africana para la finca Yalcobé

Región	Finca	Código Lote	Proyecto	ha	No de palmas/lote	Densidad (palmas/ha)	Variedad
2	Yalcobé	20101	2008	12.448	1783	143	La mé
2	Yalcobé	20102	2008	51.559	7345	143	La mé
2	Yalcobé	20103	2008	37.119	5347	143	La mé
2	Yalcobé	20104	2008	18.825	2718	143	La mé
2	Yalcobé	20105	2008	10.189	1457	143	La mé

Fuente: Naturaceites, Área de SIG (2014)

En el cuadro 1 describe información que maneja el área de SIG, la misma fué necesaria para la elaboración del censo que actualmente se está manejando como proyecto la elaboración de mapas a través de AutoCAD. La siembra es al tresbolillo, con distancias 9 X 9 m, para facilitar la entrada de luz al interior de la plantación.

1.4.7.2 Encuesta al área de Nutrición vegetal

¿Cuál son las deficiencias nutricionales que tienen problemas en la plantación en la finca Yalcobé?

- A. Nitrógeno:** Las hojas son más pequeñas y tienen un color verde pálido o amarillo, el raquis y nervaduras centrales de los folíolos se tornan de color amarillo, el folíolo tiende a ser angosto y a enrollarse hacia adentro, en sí la palma no presenta una clorosis generalizada.

- B. Potasio:** La deficiencia típica de potasio en palma es la aparición de manchas naranjas que generalmente se localizan en la lámina de las hojas viejas, los puntos se unen para formar manchas grandes e irregulares.

- C. Magnesio:** La deficiencia de Mg, se caracterizan por el amarillamiento de las hojas bajas o viejas, los folíolos expuestos a la luz solar se tornan amarillos, pero los mismos con partes en sombra permanecen verdes, cuando la deficiencia persiste, las puntas de los folíolos toman un color de amarillo a café rojizo y se necrosan.

- D. Boro:** Malformación de los folíolos, reducción en la longitud de los folíolos produciendo la típica apariencia plana en la parte superior de la planta, truncamiento del crecimiento de la punta de la hoja (denominado hoja ciega), en las etapas finales, la lámina desaparece y las hojas se atrofian reduciéndose a una protuberancia.

¿Cuál es el nutriente faltante que causa más problemas en la plantación? Potasio debido a que afecta directamente el peso del fruto.

¿En que pantes se encuentra la mayor problemática en deficiencia nutricional en la plantación?

Cuadro 2. Lotes con deficiencia nutricional de la finca Yalcobé

Elemento	Pantes con deficiencia
Potasio	20103, 20102, 20117
Boro	20108
Magnesio	20106, 20114
Nitrógeno	20114 , 20115

En la encuesta realizada al área de nutrición vegetal se menciona que los pantes pertenecientes a la finca Yalcobé tienen mayor problema de deficiencia nutricional.

1.4.8 Encuesta al área de Sanidad Vegetal

¿Cuál es la escala de severidad que maneja para la enfermedad de pudrición de cogollo?

Cuadro 3. Escala de severidad

Grado	% de Severidad
1	0-40
2	41-60
3	61-100

Fuente: Sanidad Vegetal, 2014

¿Cuáles son los pantes de la finca Yalcobé que localiza con más frecuencia la enfermedad de pudrición de cogollo? Pante 20111

Según la encuesta realizada el lote 20111 es donde hay mayor problema de pudrición de cogollo, debido a que se encuentra en condiciones de anegamiento, por lo cual provoca pudrición radicular. Así mismo se genera el ambiente propicio para el desarrollo del patógeno de la enfermedad. En el área de sanidad vegetal maneja tres escalas de severidad para mayor visibilidad y manejo de los síntomas de ésta enfermedad, donde el grado 1 (0-

40%) se observa lesiones pequeñas de tejidos que se desintegran quedando únicamente las nervaduras, grado 2 (41-60%) necrosis o muerte de tejido debido al proceso de pudrición y la escala 3 (61-100%) son los tejidos donde se encuentra avanzando vertiginosamente la enfermedad, y se evidencia un gran daño, seguido de necrosis y daño en casi en su totalidad la hoja.



Fuente: Sanidad Vegetal, 2014

Figura 1. Grado de severidad 1 en pudrición de cogollo en finca Yalcobé



Fuente: Sanidad Vegetal, 2014

Figura 2 Grado de severidad 2 en pudrición de cogollo en finca Yalcobé



Fuente: Sanidad Vegetal, 2014

Figura 3 Grado de severidad 3 en pudrición de cogollo en finca Yalcobé

1.4.9 Análisis FODA

El análisis FODA permitió determinar las Fortalezas Debilidades Oportunidades y Amenazas de los cuales se detectaron cuatro problemas. El primer problema es la falta de implementación de programas digitales tales como 3D el cual es utilizado para análisis de monitoreo de nivel freático, el segundo problema es la falta de equipo digital para levantamiento de datos como GPS, el tercero es la falta de personal para realizar las actividades en campo y el cuarto problema es la falta de mantenimiento de los pozos de observación.

Cuadro 4. Análisis FODA del área de Sistema de información geográfica (SIG) de la finca Yalcobé

	FORTALEZAS	OPORTUNIDADES	DEBILIDADES	AMENAZAS
AREA DE SIG	Innovación constante en SIG (Presentación de la información)	Vender servicios de SIG en las demás empresas que se dedican al cultivo de palma africana	Área donde se encuentra SIG es muy pequeño	Por tener limitaciones de programas, que la empresa contrate servicios externo que se dedican a los programas de SIG.
	Programa de ArcGIS para análisis espacial		Falta de apoyo económico para la implementación de programas como 3D análisis (monitoreo de nivel freático) y para la compra de equipo necesario para realizar las actividades	
	Apoya al departamento técnico agrícola		Personal insuficiente que realiza las actividades de campo	
	Implementación de los SIG en el cultivo de palma africana		Falta de planta de energía eléctrica	
			Mantenimiento a los pozos por destrucción	
			Falta de capacitaciones al personal en cuanto la utilización de los programas de SIG	

Fuente: Elaboración propia

1.4.10 Jerarquización de Problemas

Para jerarquizar los problemas encontrados mediante el FODA se utilizó una matriz de priorización, en la cual se consideraron dos aspectos, estos se mencionan en el cuadro 5.

Cuadro 5. Definición de la importancia en función de la factibilidad y la frecuencia de los problemas encontrados

Importancia	Sumatoria de Factibilidad y Frecuencia
1	0 a 50
2	50 a 80
3	80 a 100

Para priorizar la importancia de los problemas se clasificó estos en tres grados de importancia. El primero se establece cuando la suma de la frecuencia y factibilidad se encuentra en cero y 50 puntos de importancia, el segundo grado de importancia se establece si está en el rango 50 a 80 y si el problema se encuentra en el rango 80 a 100 se considera de importancia tres, tal como se encuentra en el cuadro 5.

Cuadro 6. Matriz de priorización de problemas

PROBLEMAS	FRECUENCIA	FACTIBILIDAD	TOTAL	IMPORTANCIA
Falta de equipo en cantidad y calidad para realizar las actividades de SIG	45	40	95	3
Personal insuficiente que realiza las actividades de campo	45	25	70	2
Mantenimiento a los pozos	35	35	70	2

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 6, se observa la matriz de priorización de problemas da como resultado que la falta de equipo que se utiliza en campo no es suficiente debido a que se tienen disponibles tres GPS en el área, por lo que se recomienda un GPS/finca, otro problema con los GPS que no son precisos para el uso en campo.

Otro problema que existe es la carencia de personal en el área de SIG, debido a que no se cubre todas las actividades que se deben de realizar, y por último la falta de mantenimiento de pozos, debido a que los trabajadores de Post-cosecha no tienen la precaución al recoger los frutos y destruye los pozos de observación.

1.5 CONCLUSIONES

1. La meta principal de la agricultura de precisión en el cultivo de palma africana es realizar un manejo más específico en el control de las actividades de mantenimiento, control de plagas, enfermedades y deficiencias nutricionales.
2. Se detectaron 4 problemas en el área de SIG a través de las técnicas de FODA, donde se determinó que es necesario implementar programas digitales tales como: 3D análisis de monitoreo de nivel freático, falta de equipo como GPS ya que es necesario realizar las actividades de campo y personal insuficiente afectando el mantenimiento de pozos.
3. Se jerarquizo los problemas encontrados en el análisis FODA, que de acuerdo a la matriz de priorización de problemas son los siguientes: falta de equipo en cantidad y calidad para realizar actividades de SIG, personal insuficiente para realizar las actividades en campo y falta de mantenimiento de pozos de observación.

1.6 BIBLIOGRAFÍA

1. Barrera Rangel, MR. 2006. Costos y rentabilidad de unidades artesanales (carpintería): municipio de Fray Bartolomé de las Casas departamento de Alta Verapaz. Tesis Lic. Contador Púb. y Audit. Guatemala, USAC, Facultad de Ciencias Económicas. 176 p.
2. Exisis Agricultura de Precisión. 2013. Agricultura de precisión (en línea). Consultado 20 mar 2014. Disponible en: <http://agriculturadeprecision.co/agricultura-de-precision/>
3. Hernández, W. 2014. Actividades que se realizan en el área de SIG en palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) (entrevista). Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, Guatemala, Naturaceites, Departamento Técnico.
4. Robín, R. 2014. Monitoreo de plagas y enfermedades en palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) (entrevista). Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, Guatemala, Naturaceites, Departamento Técnico.
5. Sis, L. 2014. Digitalización de mapas de censo en AutoCAD 2013 (entrevista). Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, Guatemala, Naturaceites, Departamento Técnico.

CAPÍTULO II

**PROCESO DE READECUACIÓN Y REGISTRO DE INFORMACIÓN DE LAS
PLANTACIONES DE PALMA AFRICANA (*Elaeis guineensis* Jacq.) EN LA FINCA
YALCOBÉ, FRAY BARTOLOMÉ DE LAS CASAS, ALTA VERAPAZ, GUATEMALA. C.A**

2.1 PRESENTACIÓN

La agricultura de precisión, utiliza tecnologías de información territorial, tales como los sistemas de información geográfica (SIG), AutoCAD y ArcGIS, para mejorar las decisiones agronómicas en los cultivos (Lazarazo 2011).

Entre las principales ventajas de los SIG es generar bases de datos en la cual se puedan representar capas sin límites de trabajo. Para este caso en particular el programa tiene la capacidad de representar la ubicación geográfica de cada palma, identificando enfermedades y plagas que afecten a la plantación y mostrando el estado nutricional del lote (González 2000).

El área de SIG, de la industria NaturAceites carece del procedimiento establecido para la ubicación referenciada de cada planta en producción, al inicio el departamento técnico establece la información en una base se Excel la cual se recopilaba anualmente por los trabajadores de campo quienes no realizaban un censo como tal sino se guiaban de la información que encontraban anotadas en piedras que se localizan al inicio de cada centro frutero, en las cuales se describía la información tales como: el número de pante, centro frutero y número de palmas. La problemática de esta actividad se presentaba en el exceso de uso del fertilizante o déficit del mismo, lo cual afectaba directamente los costos totales de producción

Es por ello que se implementó el proceso de readecuación y registro de información de las plantaciones de palma africana (*Elaeis guineensis*) en la finca Yalcobé, donde se cultivan las siguientes variedades, La Mé, Ghana, Nigeria y Compacta, con el objetivo de conocer el estado actual del cultivo de palma africana (*E. guineensis*), que permitió determinar la cantidad de palmas existentes a nivel de detalle de la finca denotando la ubicación exacta de cada palma, lo cual brinda información relevante en cuanto al número de palmas

muertas, área sin palma en los cuales se podría sembrar, así mismo se representan palmas en proceso de recuperación de enfermedades.

La importancia del estado actual de la plantación era necesario realizar el censo de forma directa tomando como variables: palmas vivas o en producción, palmas muertas, área sin palma y en recuperación. Con en esta información se podrá conocer el área real de la plantación, y que a su vez ésta actividad se pudiera considerar y realizar para la estimación de la productividad de la finca, tomando como base las toneladas de fruta cosechadas y el número de palmas vivas presentes en la misma.

El censo permitirá estimar la cantidad de fertilizante a aplicar en un pante en base al número de palmas y así evitar el exceso o falta de fertilizante

En el desarrollo de esta investigación para el levantamiento de datos en campo se utilizaron programas como AutoCAD y ArcGIS para generar una base de datos permanente y confiable, y a su vez ayudará a monitorear la sanidad de las palmas, al registro de la producción y la aplicación de fertilizantes, prediciendo la producción y con ello programar actividades de cosecha estimando el volumen total de producción y prever la materia prima con que se contará en el proceso industrial que eventualmente se realiza.

En el ámbito agrícola ambiental las certificaciones internacionales juegan un papel importante para trascender en la distribución y comercialización de productos de primera calidad a nivel internacional, causa por la cual se decidió elaborar una manual de procedimiento en la cual explica cómo se realiza el censo de palmas en campo y transformar esa información en mapas temáticos

El manual servirá como guía para la implementación del proceso en las dos regiones de la industria NaturAceites, siendo constancia para futuras certificaciones.

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Los condicionamientos económicos y ambientales del momento han promovido el desarrollo de nuevas técnicas de manejo de los sistemas agrícolas. Con el desarrollo de la tecnología en información y nuevos sistemas de manejo en la agricultura en lo que se denomina hoy agricultura de precisión, mejor definida como agricultura específica. Se ha utilizado los SIG para mejorar la eficiencia de los insumos utilizados en cuanto al cultivo de palma africana. Esto se logra determinando en forma exacta la información espacial de los requerimientos del cultivo, y se pretendió implementar ya que en la actualidad la finca ha habido cambios en su situación actual de la cantidad de palmas y se realizó el censo de forma directa para saber exactamente la cantidad de palmas existentes, para luego su codificación de cada una de las variables, como palmas vivas, muertas, recuperación y espacios sin palma en la finca Yalcobé,

Ésta actividad la realizaba con anterioridad el área de nutrición vegetal perteneciente al Departamento Técnico Agrícola, manejaba la información en una base se Excel la cual se recopilaba anualmente por los trabajadores de campo quienes no realizaban un censo como tal sino se guiaban de la información que encontraban anotadas en piedras que se localizan al inicio de cada centro frutero, en las cuales se describía la información tales como: el número de pante, centro frutero y número de palmas.

La problemática de esta actividad se presentaba en el exceso de uso del fertilizante o déficit del mismo, lo cual afectaba directamente los costos totales de producción

En función de lo anterior, el presente trabajo pretende dar respuesta a las siguientes interrogantes:

¿En la actualidad cual será el número de palmas vivas, muertas, palmas faltantes, y palmas en recuperación? En la actualidad existe 97,207 palmas vivas, 253 palmas muertas, 528 espacios sin palma y 135 palmas en recuperación.

¿Cuántos mapas temáticos se realizaron utilizando los programas de AutoCAD y ArcGIS?
Se realizaron cuatro mapas temáticos, tres en AutoCAD y un mapa en ArcGIS. En AutoCAD se realizó un mapa con las variables (palmas vivas, muertas, recuperación y palmas faltantes), un mapa de drenajes y de caminos. En cuanto al programa ArcGIS se realizó un mapa de la ubicación de la plantación y a su vez se generó una base de datos en el cual se podrá actualizar en base a la información que aportara el área de mantenimiento del departamento Agrícola.

¿Cuál es el objetivo de realizar el manual haciendo uso de los programas de SIG?

El manual servirá como guía para la implementación del censo de las dos regiones de la empresa NaturAceites. Otro de los objetivos con el manual es para dejar constancia para futuras certificaciones que aplicará la empresa debido a que las certificaciones solicitan documentación de las actividades que realiza la empresa.

2.3 MARCO TEÓRICO

2.3.1 MARCO CONCEPTUAL

2.3.1.1 Preparación del área de establecimiento

El inicio del establecimiento de la plantación es la planificación de actividades, verificando que el terreno reúna las condiciones que el cultivo amerita ubicado a 20 kilómetros de la planta de beneficio de aceite, debido al costo de transporte que refiere al ser mayor de lo establecido (Sandoval 2011).

La infraestructura del módulo de plantación, se concierne de caminos y planta de beneficio de aceite. Adicionalmente, puede ser necesario contar con acequias de evacuación de agua de lluvia, el diseñado de estas debe estar a cargo de personal especializado, de tal forma que los caminos y puentes comuniquen a toda la plantación para introducir fertilizantes y plaguicidas, extrayendo la cosecha durante todo el año y contar con menos de cien metros de transporte (Sandoval 2011).

La red de transporte comunica caminos y veredas de cosecha por donde personal y animales de carga conducen los racimos al área de recolectora, distantes a menos de 200 metros entre sí. Se sugiere que éstos últimos sean de 4 metros de ancho y transitables todo el año con el equipo de acopio, esto a su vez, se une a las veredas secundarias, aproximadamente de un kilómetro entre sí, de siete metros de ancho, recubiertos con grava, y con cunetas de 1.5 metros a cada lado. Finalmente, éstos confluyen al camino principal que conduce a la planta de beneficio de aceite (Sandoval 2011).

Generalmente los drenajes son de 1.5 metros de profundidad, siendo rentable usar el sistema de drenaje subterráneo. Los drenes deben tener la capacidad para desalojar el agua de una lluvia de 200 milímetros por día en al menos 2 días y mantener el manto friático a menos de 80 centímetros de profundidad todo el año (Sandoval 2011).

2.3.1.2 Diseño de plantación

La plantación de palma africana se siembra al “tresbolillo” a un distanciamiento de 8.5 m. entre plantas (Ruperto 2005).

La densidad de siembra se establece al inicio por el distanciamiento entre plantas y por el sistema de siembra utilizado, de forma sugerida al tresbolillo. Los distanciamientos de siembra más utilizados en la empresa Naturaceites se presentan en el cuadro 7.

Cuadro 7. Distanciamiento de siembra para el cultivo de palma africana en la empresa Naturaceites, dependiente de la variedad

Variedad	Distanciamiento	Planta/ha
Ekona	7.67 a 13.28	123
La mé	8.36 a 14.48	143
Ghana	7.90 a 13.68	160
Nigeria	8.36 a 14.48	143
Avros	7.67 a 13.28	123
Compacta	7.90 a 13.68	160

Fuente: Naturaceites, Área de SIG (2014)

En el cuadro anterior se denotan las variedades utilizadas en la finca Yalcobé, conjunto al distanciamiento de siembra y la densidad por unidad de área.

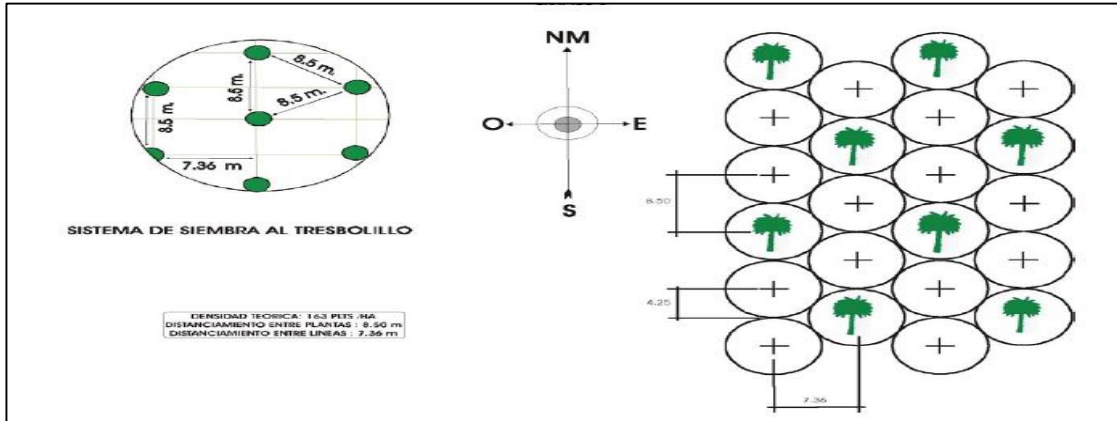
En el cuadro 8 se describe las densidades de plantas por unidad de área utilizadas en cada lote de producción en la región dos de la finca Yalcobé.

Cuadro 8: Densidad de siembra depende de la variedad de palma africana.

Región	Finca	Código Lote	Proyecto	has	No. De palmas/ lote	Densidad (Palmas/ha)	Variedad
2	Yalcobé	20101	2008	12.448	1783	143	La mé
2	Yalcobé	20102	2008	51.559	7345	143	La mé
2	Yalcobé	20103	2008	37.119	5347	143	La mé
2	Yalcobé	20104	2008	18.825	2718	143	La mé
2	Yalcobé	20105	2008	10.189	1457	143	La mé
2	Yalcobé	20106	2008	32.21	4603	143	La mé
2	Yalcobé	20107	2008	22.919	3664	160	Ghana
2	Yalcobé	20108	2008	29.238	4682	160	Ghana
2	Yalcobé	20109	2008	42.756	6834	160	Ghana
2	Yalcobé	20110	2008	57.675	9228	160	Ghana
2	Yalcobé	20111	2009	54.638	8714	160	Ghana
2	Yalcobé	20112	2009	41.188	6742	160	Ghana
2	Yalcobé	20113	2009	25.713	3724	143	Nigeria
2	Yalcobé	20114	2009	50.406	7207	143	Nigeria
2	Yalcobé	20115	2009	26.287	3795	143	Nigeria
2	Yalcobé	20116	2008	13.525	2078	160	Compacta
2	Yalcobé	20117	2009	22.419	3579	160	Compacta
2	Yalcobé	20118	2009	65.013	10183	160	Compacta
2	Yalcobé	20119	2008	19.813	3120	160	Compacta

Fuente: Naturaceites, Área de SIG (2014)

Otro aspecto importante que se tiene en consideración para el diseño de la plantación es la orientación de las hileras de plantas; realizándose con orientación Norte – Sur (N S.) (Figura 4) Ruperto (2005).



Fuente: Ruperto, 2005

Figura 4. Diseño del establecimiento del cultivo de palma africana cuando se realiza la siembra por el método Tresbolillo

2.3.1.3 Sistema de información geográfica

Es la integración organizada de hardware, software y datos geográficos que capturan, almacenan, manipulan, analizan y despliegan en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y de gestión (Campos 2010).

Un sistema de información geográfica (SIG), particularmente el sistema de información (SI) en el que la información aparece georeferenciada, es decir incluye su posición en el espacio utilizando el sistema de coordenadas estandarizado resultado de una proyección cartográfica (generalmente UTM o GTM) (Campos 2010).

Ventajas del sistema SIG.

- El almacenamiento de la información relativa al capital de la empresa y a todas las transacciones,
- Permitir la consulta de datos con cierta facilidad y desde diferentes puntos,
- Analizar datos para obtener un mejor conocimiento de las vicisitudes que atraviesa la empresa

- Ayudar en la toma de decisiones importantes (Campos 2010).

2.3.1.4 AutoCAD

Es un programa de dibujo técnico desarrollado por Autodesk, es utilizado habitualmente para el desarrollo y elaboración de mapas de la situación de las condiciones actuales de las plantaciones (InformáticaHoy.com 2009).

A. Para qué sirve AutoCAD en el cultivo de palma africana

La ventaja de utilizar como fondo una imagen georreferenciada, es que permitirá reducir el error por desplazamiento o dimensión mientras se trazan los mapas, pero a su vez indica la georeferenciación de cada palma en GTM (Ruv 2014).

2.3.1.5 ArcGIS

Es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir información geográfica (ArcGIS.com 2014).

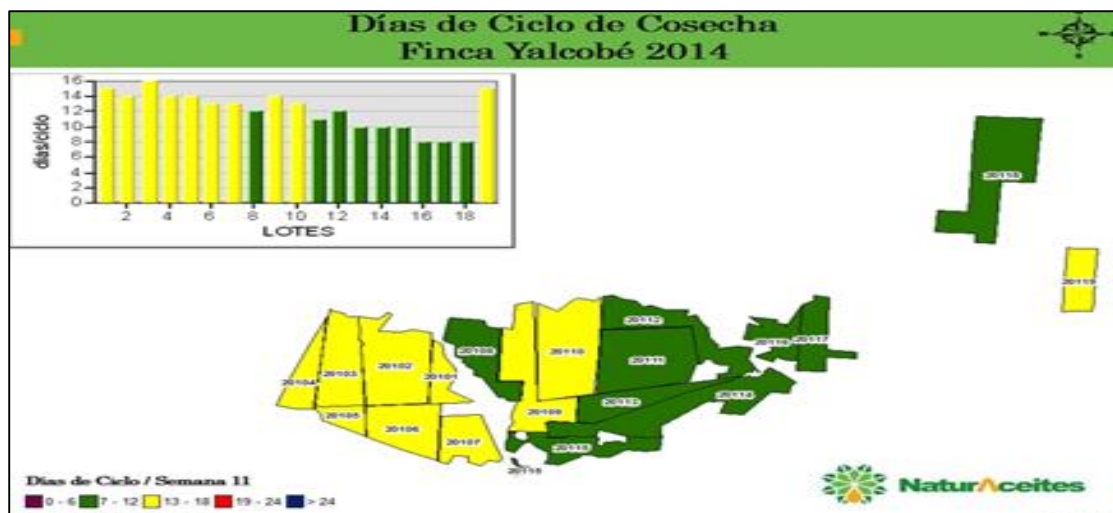
Este sistema incluye software, infraestructura on-line, herramientas profesionales, recursos configurables como plantillas de aplicación, mapas base listos para utilizar y contenido propio compartido por la comunidad [de usuarios, el sistema ArcGIS como en una infraestructura para elaborar mapas y poner la información geográfica (ArcGIS.com 2014).

2.3.1.6 Mapas temáticos

Los mapas muestran información espacial para indicar la ubicación y la distribución de fenómenos específicos y pueden mostrar solo una capa temática de datos o bien agrupar patrones y las relaciones entre ellos (ArcGIS.com 2014).

A. Mapa de análisis

Los mapas de análisis se utilizan para realizar consultas, encontrar ubicaciones, solucionar problemas, analizar situaciones hipotéticas, modelar procesos, generar informes y otras tareas, aprovechando las completas herramientas de análisis de ArcGIS. Un mapa de análisis está diseñado para permitir a las personas solucionar problemas mediante la combinación de las herramientas y los datos, (Figura 5) (ArcGIS.com 2014).



Fuente: Naturaceites, Área de SIG (2014)

Figura 5. Mapa de ciclo de cosecha en la finca Yalcobé, representada en días

2.3.1.7 Implementación de los programas AutoCAD y ArcGIS

En la actualidad el área de SIG pertenece a la empresa NaturAceite S.A. quienes han implementado los SIG, en cuanto al análisis de espacio referido a mapas temáticos en las áreas del departamento Técnico Agrícola.

Pero como limitantes del uso de los SIG, maneja el análisis espacial en el programa de ArcGIS, y necesitara otra licencia para manejar otras extensiones que maneja ArcGIS, tales como 3D análisis para realizar mapas de monitoreo de pozos, ya que se utiliza AutoCAD y Surfer.

2.3.1.8 Agricultura de Precisión

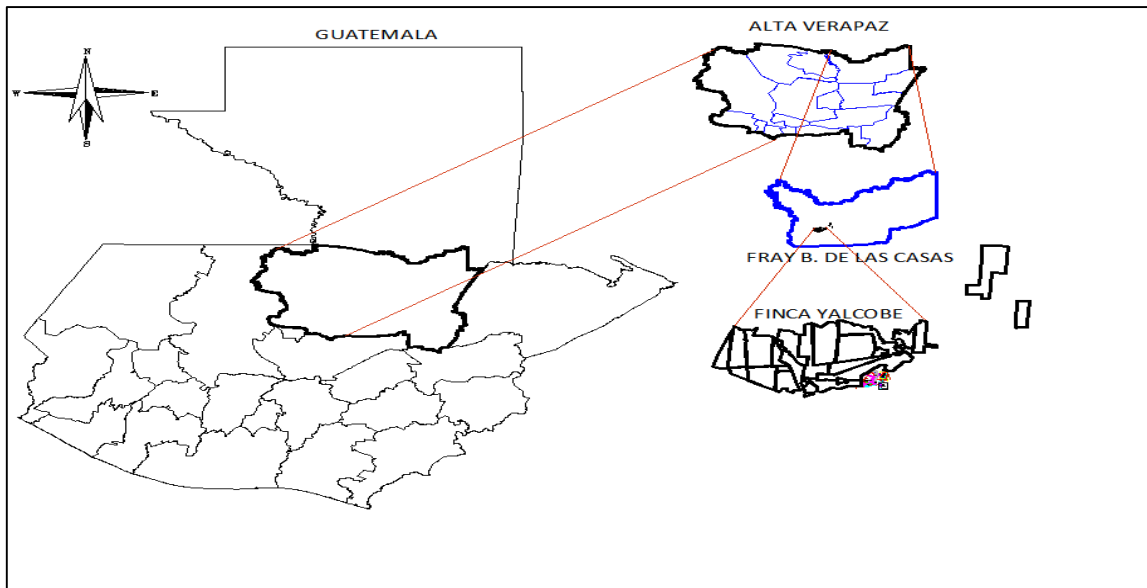
La agricultura de precisión, utiliza tecnologías de información espacial, siendo los sistemas de posicionamiento global (GPS) y SIG, para mejorar las decisiones agronómicas de diferentes cultivos (González 2000).

La agricultura de precisión integra diversas tecnologías para optimizar la productividad de un cultivo, al mismo tiempo minimiza el impacto ambiental. Esta disciplina reconoce la información espacial inherente que está asociada a cada plantación o lote destinado a la producción agrícola. Una vez que se reconoce, localiza, cuantifica y registra la información espacial y temporal de cada unidad agrícola, es posible proporcionar el manejo agronómico diferenciado en cada sitio específico (González 2000).

2.3.2 MARCO REFERENCIAL

2.3.2.1 Ubicación geográfica

La Finca Yalcobé, pertenece a la empresa Naturaceites, S.A; la finca se encuentra localizada en el Municipio de Fray Bartolomé de las Casas, departamento de Alta Verapaz, ubicada en las coordenadas 15° 50' 44" latitud Norte, 89° 51' 57" longitud Oeste; a 146.34 metros sobre el nivel del mar (Figura 6) (MAGA 2007).



Fuente: Elaboración propia

Figura 6. Ubicación de la Finca Yalcobé, Fray Bartolomé de las casas, Alta Verapaz.

2.3.2.2 Colindancias

Colinda al Norte con los municipios de Sayaxché y San Luis Petén; al Sur con los municipios de Santa María Cahabón y San Pedro Carchá, Alta Verapaz; al Oriente con los municipios de San Luis, Petén y Chahal Alta Verapaz y al Occidente con el municipio de Raxruha, Alta Verapaz, (MAGA 2007).

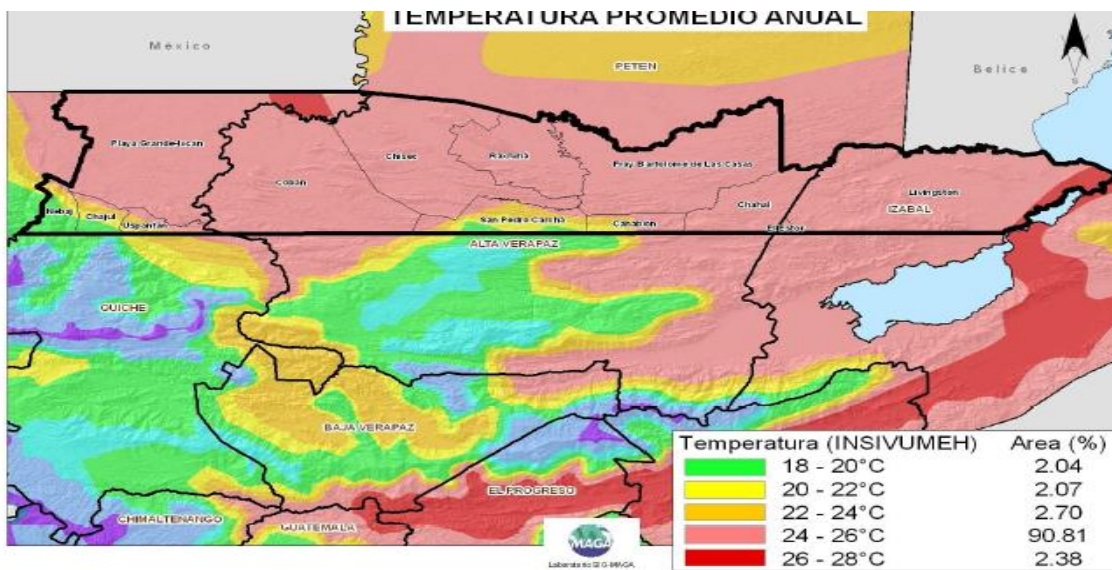
2.3.2.3 Condiciones climáticas

- **Clima**

El clima predominante es cálido húmedo, y en los meses de diciembre a enero existen variantes a templado con tendencia a frío (MAGA 2007).

- **Temperatura**

La temperatura promedio de Fray Bartolomé de las Casas es de 25°C; la mínima de 14°C y la máxima de 38°C (Figura 7) (MAGA 2007)



Fuente: MAGA, 2007

Figura 7 Mapa de distribución de la temperatura anual (°C y %)

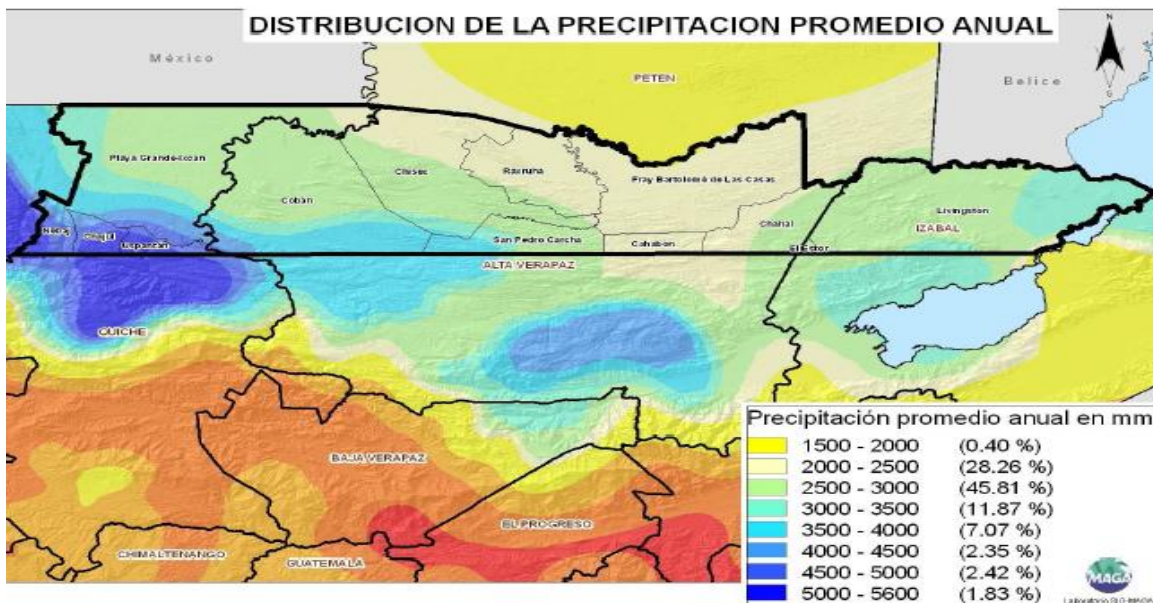
- **Relieve**

Domina la fisiografía de las tierras altas sedimentarias en las que el material parenteral es de origen calcáreo, formando eflorescencias rocosas, montañas escarpadas, siguanes (sumideros), cavernas y mogotes (cerritos en forma de volcán) (MAGA 2007).

La topografía plana se localiza en la parte central y noroccidental, el área escarpada se localiza al sur en el Piemonte de la Sierra de Chamá, los ramales de las montañas Mayas se localizan al nororiente. Este relieve conforma la vertiente de los cuerpos de agua hacia el río la Pasión. Esto origina la escasez de fuentes de agua en la parte oriental del municipio (MAGA 2007).

- **Precipitación pluvial**

La precipitación pluvial inicia de marzo y finaliza en septiembre, con valores entre 2,000 a 3,000 milímetros anuales. Los vientos corren del noreste al sur (Figura 8) (MAGA 2007).



Fuente: MAGA, 2007

Figura 8. Mapa de distribución de la precipitación promedio anual (mm y %)

- **Zona de vida**

El municipio de Fray Bartolomé de las Casas se encuentra dentro de la zona de vida de Bosque Muy Húmedo Subtropical cálido (MAGA 2007).

2.3.2.4 Suelo

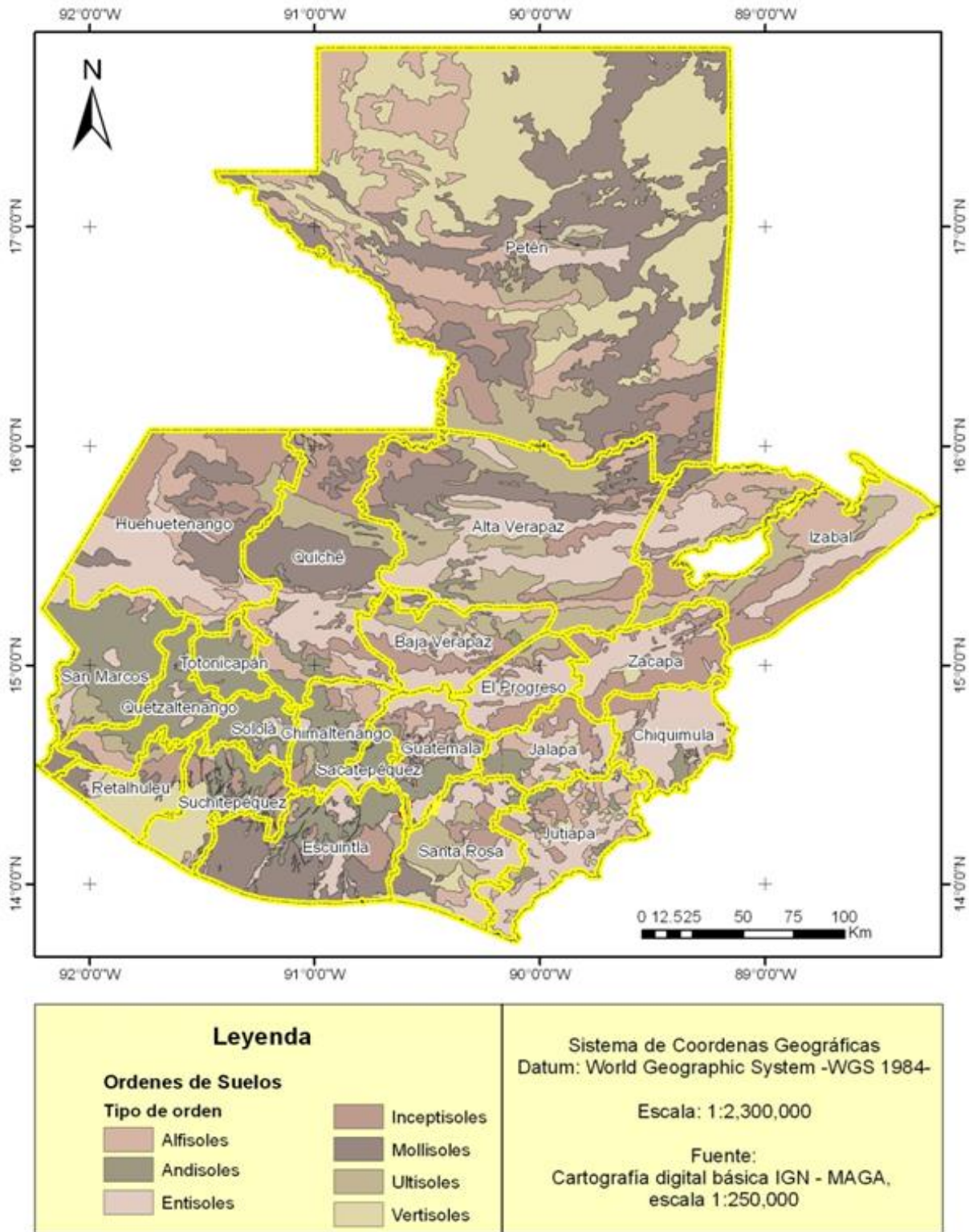
Los órdenes de los suelos seleccionados para la evaluación fueron identificados de acuerdo con el mapa de órdenes de suelo de la FAO/UNESCO (Figura 9), por lo cual se tienen las siguientes descripciones:

A. Vertisoles

Suelos con alto contenido de arcilla expandible desde la superficie, se caracteriza por formar grietas profundas en todo el perfil, las cuales se observan principalmente en la época seca. Cuando están húmedos o mojados se vuelven muy plásticos. Generalmente, son suelos con alto potencial de fertilidad en la producción agrícola, pero tienen limitantes en lo que se refiere a su labranza, porque cuando están secos son muy duros y como ya se indicó, cuando están mojados son muy plásticos. Se recomienda manejar el contenido de humedad para controlar las limitantes físicas mencionadas (Tobías; Liria 2000).

B. Inceptisoles

Suelos incipientes o jóvenes, sin evidencia de fuerte desarrollo de sus horizontes, pero son más desarrollados que los entisoles. Son suelos muy abundantes en diferentes condiciones de clima y materiales originarios (Tobías; Liria, 2000).



Fuente: MAGA, 2007

Figura 9. Mapa de órdenes de suelo del país de Guatemala según la clasificación FAO/UNESCO

2.3.2.5 Manejo agronómico en el cultivo de palma africana

C. Control de malezas

a. Control mecánico

Entre las principales actividades de manejo esta la eliminación de malezas con azadón dos veces por año, haciéndose de forma mecánica o por medio de plaguicidas, Se realizan de 2 a 3 ciclos de control.

- Primer año: 1 metro de diámetro.
- Segundo año: 1.5 metros de diámetro,
- A partir del tercer año: 2 metros de diámetro (Mejía 2006).

D. Control químico

El uso y el tipo de herbicida están en función de las especies de malezas y de su tamaño. Primer año: se realiza el control de malezas de forma manual; la maleza tiene un rebrote uniforme y se recomienda la aplicación de mezcla del herbicida sistémico y residual (post-emergente más pre-emergente). Las aplicaciones se realizan con bombas de mochila. Segundo año: Se pueden realizar dos controles químicos. Efectuar dos aplicaciones anuales. Tercer año: Realizar una sola aplicación en el año. Durante este periodo se puede utilizar el herbicida Glifosato (Mejía 2006).

E. Podas

Para preparar la cosecha es necesario mantener la planta de palma limpia. Entre las actividades de limpieza están:

- El cuarto año de edad: Un mes antes de la cosecha se debe limpiar la corona, eliminar racimos mal formados o muy maduros y cortar hojas secas.
- A partir del cuarto año de edad: Empieza el crecimiento del futuro estipe, la corona de hojas sube y aumenta el área foliar. En la cosecha se hace necesario cortar algunas hojas bajas y las hojas que producen inflorescencia masculina. Preferiblemente en los meses febrero y marzo (Mejía 2006).

F. Fertilización

El programa de fertilización debe diseñarse tomando en cuenta el análisis químico del suelo, el análisis foliar, los niveles de rendimiento y la edad de las palmas. La aplicación de los fertilizantes se hace en círculos de 0,50 m de radio en palmas, y se aplica en los meses de enero, luego de abril a junio (Mejía 2006).

G. Control de plagas y enfermedades

El manejo del anillo rojo se basa en tres prácticas:

- Revisión sistemática de las palmas.
- Erradicación de palmas enfermas.
- Captura del “picudo”.

Revisión sistemática de las palmas

En zonas productoras de palma en donde el anillo rojo tiene alta incidencia, las palmas con síntomas de esta enfermedad se deben revisar cada quince días. Estas revisiones deben hacerse de manera sistemática y permanente. Es importante dar seguimiento a las palmas que presenten:

- Acortamiento de hojas jóvenes,

- Apiñamiento o agrupamiento de estas hojas jóvenes
- Presencia de puntos marrones en la base del raquis si se corta una hoja del nivel 17.
- Pudrición de estructuras reproductivas.
- Frutos opacos con tendencia a la pudrición o ya podridos.
- Amarillamiento de hojas jóvenes.
- Secamiento y doblamiento de hojas viejas (Mejía 2006).

a. Captura de picudo

Para su captura es necesario tener en cuenta los siguientes elementos:

Trampa: se debe seleccionar un recipiente plástico de 20 litros de capacidad o más, de forma cuadrada, haciéndole dos aberturas: 15 cm de base por 6 cm de alto, en la parte superior. La pestaña que resulta de este corte se fuerza hacia arriba para que forme una especie de techo que evite la entrada excesiva de agua.

Al techo se le hace un corte de tres centímetros en su extremo distal para reducir el área, si la pestaña retorna a su posición original, queda siempre un espacio libre que permite la entrada de los insectos (Mejía 2006).

H. Manejo de variedades del cultivo de palma africana

En cuanto al manejo agronómico la empresa Naturaceites realiza de forma general podas, control de malezas encargados del área de mantenimiento, y con las enfermedades y plagas, los monitoreos los realiza el área de sanidad vegetal.

2.4 OBJETIVOS

2.4.1 Objetivo general

Adecuar y sistematizar la información existente de las plantaciones de palma africana de la finca Yalcobé para la implementación de los programas de AutoCAD y ArcGIS en la toma de decisiones agronómicas.

2.4.2 Objetivos específicos

1. Codificar, localizar y validar cada una de las variables analizadas (palmas vivas, palmas muertas, área sin palma y palmas en recuperación e infraestructura de la Finca Yalcobé.
2. Elaborar mapas temáticos haciendo uso de los programas de AutoCAD y ArcGIS para la elaboración del censo de palmas.
3. Elaborar el manual de procedimiento para sistematizar el registro de información de campo para su posterior aplicación en proceso de la agricultura de precisión.

2.5 HIPÓTESIS

El codificar, localizar y validar mapas temáticos apoyados del manual de registro logrando la identificación de palmas vivas, muertas, faltantes y en recuperación, actualizando el registro de la información de campo por medio de programas de SIG

2.6 METODOLOGÍA

2.6.1 Codificación, localización y validación de palmas

2.6.1.1 Codificación de palmas

Esta epata inició con la selección de personal, contratando personal que cumpla con los siguientes requisitos; saber leer, escribir, hablar español, de preferencia género masculino, dentro de un rango de 20-30 años de edad, conocedor del área o que haya trabajado en la finca, todo aquel personal que cumpla dicho requisitos será contratado para la realización del censo, a quienes se les dio una capacitación sobre la temática de la metodología a seguir en la elaboración del censo.

Durante la capacitación se dieron a conocer los materiales a utilizar en el campo tales como el formato que representa la plantilla de punto al tresbolillo en la cual se encuentra la plantación de palma africana (*E. guineensis*), por medio de lapiceros de color azul, negro y regla.

Luego se implementó la temática de la metodología para la elaboración del censo realizando el reconocimiento del lugar, posteriormente se les instruyó a los trabajadores de campo para realizar el censo haciendo uso de una plantilla de puntos en el cual se debió de llenar en el campo e identificar las palmas vivas, palmas muertas donde sus hojas se observan decaídas y secas, área sin palma donde existe anegamiento constante, presentando condiciones de pantano y en donde no sería factible sembrar palmas, y palmas en proceso de recuperación de la enfermedad de pudrición de flecha o de otra enfermedad, las cuales se mantienen identificadas con nylon verde.

Finalmente, a los trabajadores se les entregó un mapa elaborado por ArcGIS para identificar el número de pantes, número de centro fruteros, identificación de los quíneles (primario,

secundario y terciario), ríos, calles, densidad de siembra y variedad que se maneja en cada pante.

En el cuadro 9 se presentan las indicaciones de codificación de las principales características que se observan a nivel de campo identificando palmas vivas, muertas, área sin palma y en recuperación.

Cuadro 9. Codificación de palmas a nivel de campo, ejecutado en el mapa de referencia

Palmas vivas	O
Palmas muertas	X
Palmas en recuperación	R
Área sin palma	Δ

Fuente: Naturaceites, Área de SIG (2014)

Por último se procedió a verificar el avance realizado en cada pante por los trabajadores de campo y la entrega de formatos para continuar el censo, y al mismo tiempo que se recogen los mapas de pantes terminados y principalmente resolver dudas existentes por parte de la persona que realiza el censo.

2.6.1.2 Localización de palma

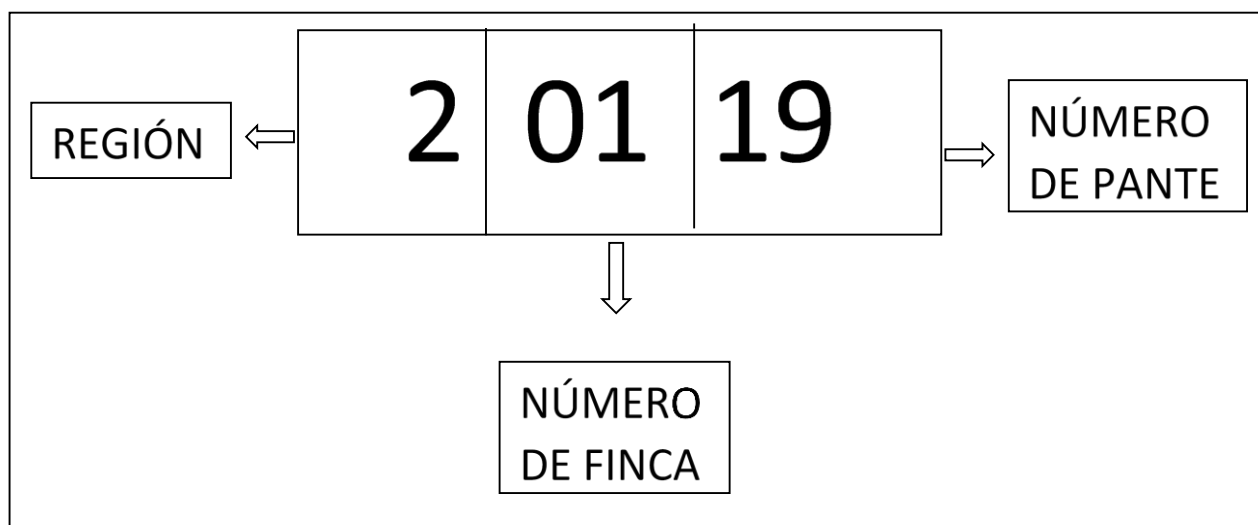
Consistió en trasladar la información de campo y plasmarla en un mapa a través de la digitalización del mismo mediante el uso de diferentes plantillas de puntos que representa la densidad en base a la variedad cultivada y posteriormente se trazó la forma del pante conforme a la forma plasmada en el mapa elaborado en campo y se elimina el exceso de puntos, luego se divide el pante en centro fruteros y por último se realizó en LAYER identificado en base a la codificación presentada en el cuadro 10.

Cuadro 10: Codificación de Palmas a nivel de Campo y en forma Digitalizada

Representación en Mapa hecho en Campo		Representación en Mapa Digital	
Palmas vivas	O	Palmas vivas	Color verde
Palmas muertas	X	Palmas muertas	Color rojo
Palmas recuperadas	R	Palmas recuperadas	Color amarillo
Área sin palma	Δ	Área sin palma	Color azul

Fuente: Elaboración propia

Para la identificación de los pantes o lotes de producción se utiliza el formato descrito en la figura 10.



Fuente: Elaboración propia

Figura 10. Código para la identificación de los lotes o pantes, conformado por la región, número de lote y número de finca

El medio utilizado para direccionar el mapa creado en AutoCAD es la ortofoto del área en cuestión, ubicando las villas primarias, secundarias, quíneles etc., para validar los datos del censo realizado en campo.

2.6.1.3 Validación de palmas

Se inspeccionó el trabajo que realizaron los trabajadores de campo, tomando un mapa en donde ubicamos el centro frutero al azar en donde se confirmó si los centros fruteros se conforman por 4 o 8 hileras y el sistema de siembra utilizando con la orientación N a S. Luego se verifica si es posible la identificación de palmas muertas, palmas faltantes, rumas, palmas recuperadas, vías de acceso, quíneles (primarios, secundarios, terciarios) y ríos.

La metodología se da a conocer al administrador de la finca para que puedan validar el censo realizado por los trabajadores de campo, haciendo el uso de los mapas recolectados en comparación con el croquis realizado por los trabajadores con la plantilla de puntos, para verificar que se haya realizado de forma correcta.

Posteriormente, supervisado el trabajo de campo, se confirmó juntamente con el administrador para verificar si la información de campo es verídica.

2.6.2 Elaboración de mapas temáticos

2.6.2.1 Elaboración de mapas utilizando AutoCAD

La metodología a seguir para la elaboración del programa fue la misma enunciada en el código 2.6.1.2.

2.6.2.2 Elaboración de mapas utilizando ArcGIS

Se desarrolla la codificación de las plantas geo referenciadas obtenidas por la herramienta Hawth Tools, la cual se desarrolló en la hoja de cálculo de Microsoft Office Excel y se desglosa en el siguiente paso.

Se exporta la tabla que proviene de ArcGIS 10.1, en formato DBF en el directorio a que corresponda. Posterior a este paso, abrir Microsoft Office Excel para cargar la tabla

exportada de ArcGIS. Se elige la opción de filtrar las coordenadas y en el campo a que corresponda las coordenadas “X” se ordenan de forma ascendente, Con esta acción, las plantas quedarán codificadas en las líneas dispuestas en el pante.

Para codificar el número de plantas por líneas dispuestas en el bloque, se separan las líneas pares de las impares, luego se procede a ordenar en forma ascendente la columna donde corresponde las coordenadas “Y”.

Codificadas las palmas de las líneas impares, se codifican las plantas de las líneas pares, el sistema lo realiza automáticamente al buscar en la columna o campo al inicio de las líneas pares y se introduce el valor “1” sin comillas en la celda de “planta”.

De acuerdo a su disposición en líneas y filas, se importa la tabla de Excel a ArcGIS para unir la tabla codificada a la tabla de atributos del shape de puntos, así se obtendrá un shape de palmas codificada por pante.

2.6.3 Elaboración de manual de procedimiento

Se elaboró un manual de procedimiento de readecuación y registro de información de la plantación de palma africana. Esta investigación explica sobre el levantamiento de datos en campo se utilizaron programas como AutoCAD y ArcGIS, tomando de referencia los lotes de la finca Yalcobé. Este manual pretende enfatizarse en el resto de fincas de la región de la franja transversal del norte (FTN) y en las dos regiones de la empresa Naturaceites con el objeto de actualizar el estado actual de la plantación.

2.7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.7.1 Codificación, localización y validación de palmas en el área de cultivo

2.7.1.1 Plantilla de puntos

Paso 1. En este paso se dió a conocer a los trabajadores de campo la plantilla de puntos que llenaran en el campo y dibujar con su respectiva codificación como se muestra en el cuadro 7.

En la figura 11 describe la utilización de la plantilla de puntos y reconocimiento del área evaluada e identificación de las variables



Fuente: Elaboración propia

Figura 11. Descripción de la plantilla de puntos adjunto el personal de campo reconociendo la misma y el área de evaluación.

El inicio del proceso de registro de la información tiene como base la observación y la evaluación de cada planta identificando el área a evaluar y las variables a identificar.

2.7.1.2 Codificación de palmas

Paso 2: El personal convocado utilizará las siguientes literales para identificar las variables analizadas (ver figura 12).

Palma viva (O): Presentara hojas verdes de 5 a 7 m de longitud, aproximadamente de 200 a 300 folíolos en dos planos diferentes, el tronco o estipe con un solo punto terminal de crecimiento con hojas jóvenes, la inflorescencia femenina se ordena en espirales alrededor del raquis de las espigas, la inflorescencia masculina es más larga que la femenina y tiene 100 espigas y el fruto es conformado por drupa ovoide, de 3 a 5 cm de largo.

Palma muerta (X): Las palmas se identificarán con nylon rojo, indicando que murió por diferentes causas, siendo estas por anillo rojo o por pudrición basal, entre otras.

Área sin palma (Δ): En algunas ocasiones se observará anegamiento constante, presentando condiciones de pantano y no sería factible sembrar palmas, otras por causa de eliminación de palma o raleo.

Palma en recuperación (R): Las palmas tendrá nylon verde indicando la intervención de cirugía. La identificación del nylon lo realizara el área de sanidad vegetal.



Fuente: Elaboración propia

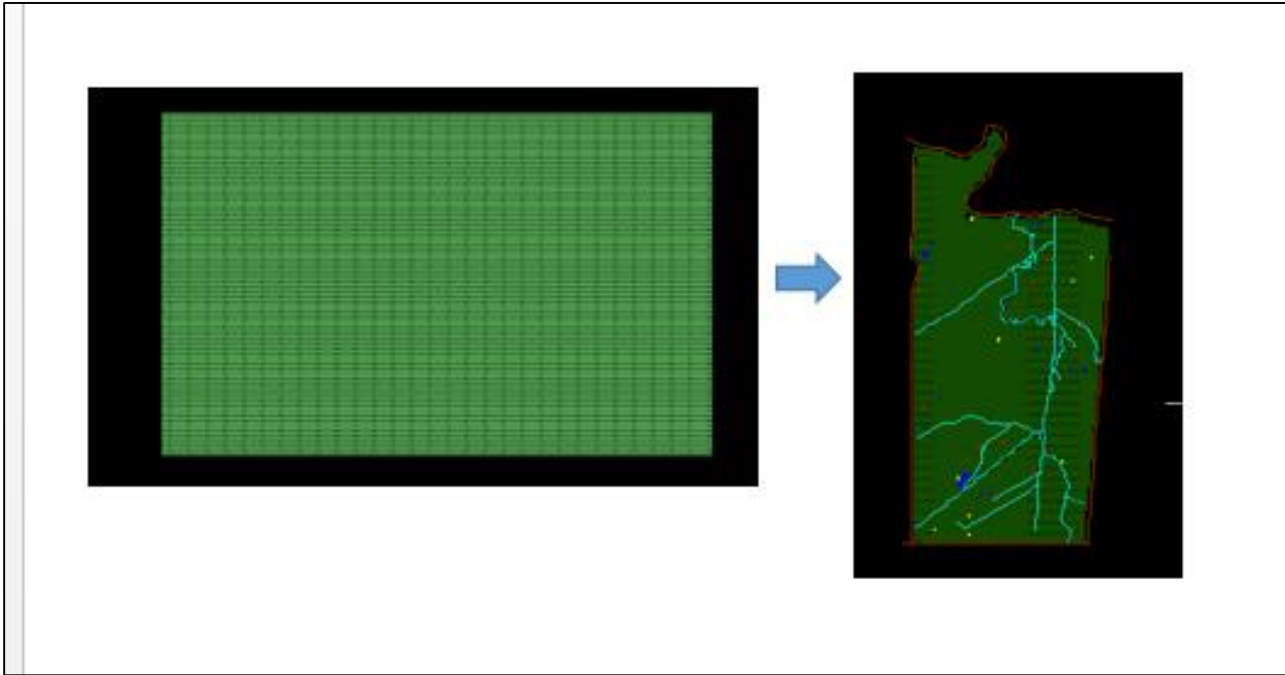
Figura 12. Presentación grafica de las variables decisivas del censo de la plantación de palma africana (*E. guineensis*.)

2.7.1.3 Validación de palmas

Paso 3: La verificación del avance realizado en cada pante por los trabajadores de campo y en la entrega de formatos para continuar el censo, y al mismo tiempo que se recogen los mapas de pantes terminados y principalmente resolver dudas existentes por parte de la persona.

2.7.1.4 Localización de palmas

Pasó 4: La plantilla de puntos se trazó con las variables que se describieron anteriormente. Luego se utilizó una plantilla de punto digital que representa la densidad en la cual se sembró la plantación y finalmente se dibujó en la plantilla el pante identificando las variables con capas (LAYER) haciendo uso del programa AutoCAD (Figura 13).



Fuente: Elaboración propia

Figura 13. Utilización de plantilla de punto en el programa AutoCAD

El cuadro 11, describe las variables utilizadas para identificar el mapa en el programa. Posteriormente, se utilizó una ortofoto para poder direccionar con el mapa creado en AutoCAD.

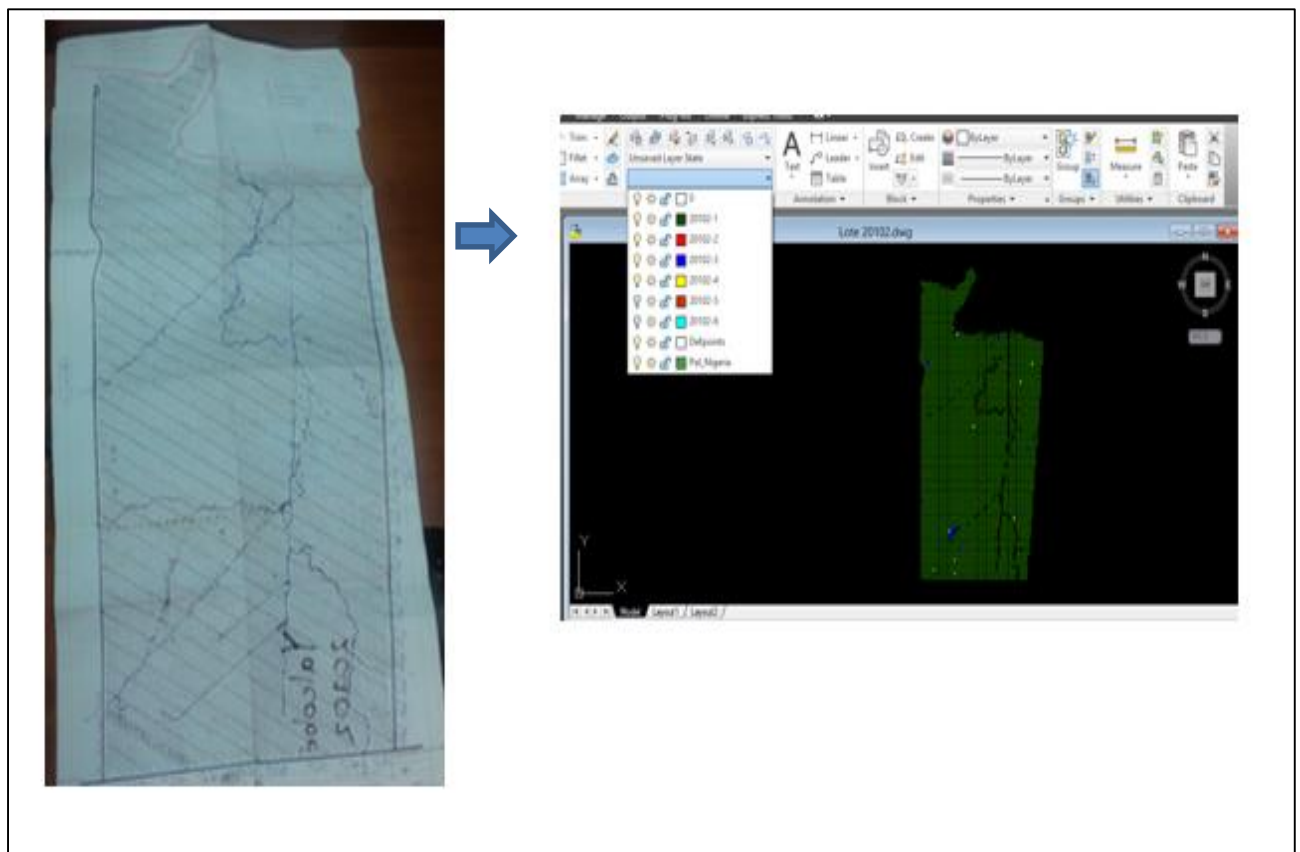
Cuadro 11. Representación gráfica de las variables analizadas, identificadas por color dentro del mapa temático

Representación en Mapa Digital	
Palmas vivas	Color verde
Palmas muertas	Color rojo
Palmas recuperadas	Color amarillo
Área sin palma	Color azul

2.7.2 Elaboración de mapas temáticos

2.7.2.1 Mapa temático de variables evaluadas

Paso 1: Al obtener la información del enunciado en el código 2.6.1.4 se procedió a la elaboración de mapas temáticos en el programa de AutoCAD. Identificando las variables en el mapa digital basado en el mapa elaborado por el personal de campo, se crearon capas (LAYER) identificadas con colores diferentes para cada variable en cuestión (Figura 14)

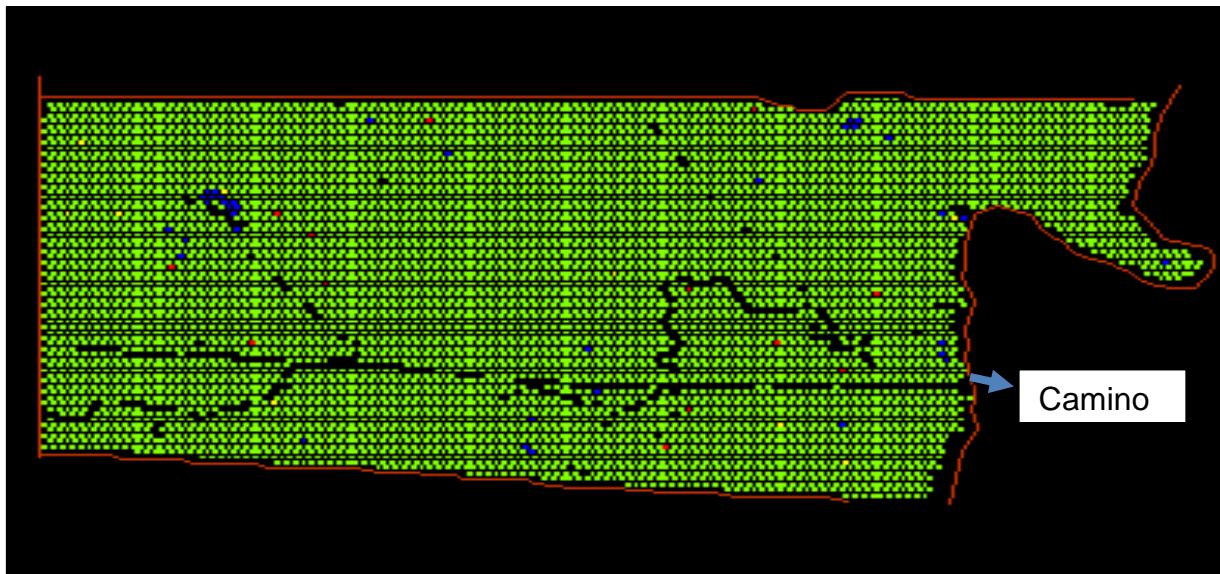


Fuente: Elaboración propia

Figura 14. Elaboración de mapa temático de variable en el programa AutoCAD

2.7.2.2 Mapa temático de Caminos

Paso 2: Para la identificación de caminos, se utilizó una capa (LAYER) color café en el contorno del lote. Información proporcionada por el departamento de Ingeniería agrícola de la finca Yalcobé. (Figura 15).

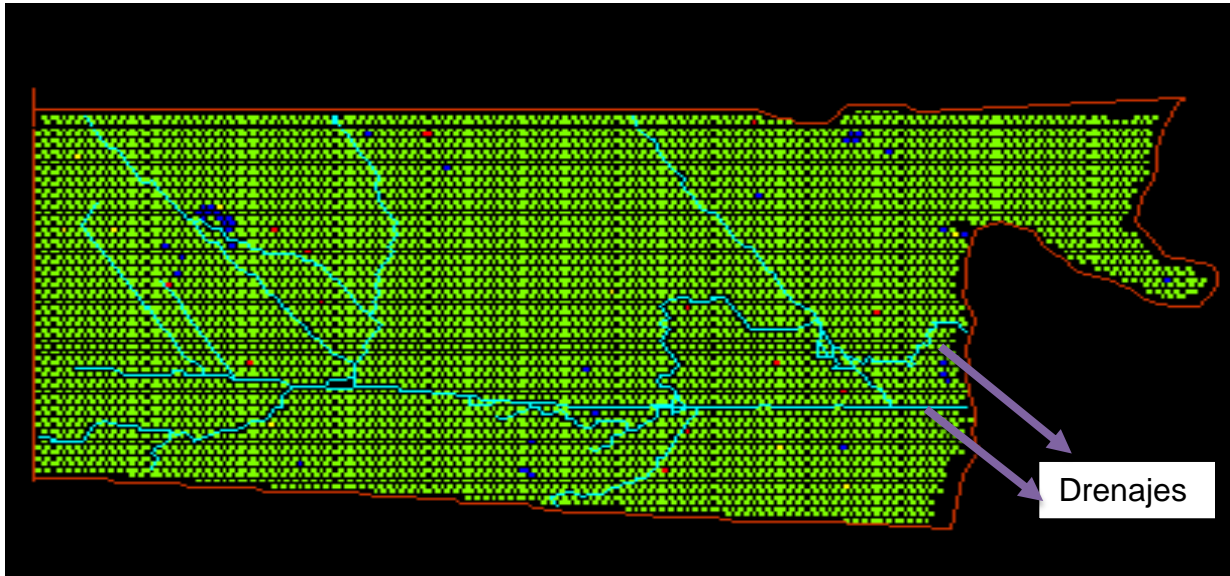


Fuente: Elaboración propia

Figura 15. Mapa temático de caminos de la finca Yalcobé

2.7.2.3 Mapa temático de drenajes

Paso 3: Se trazó el sistema de drenajes naturales y artificiales, utilizando como guía el mapa elaborado por el personal de campo. Para identificar los drenajes se utilizó una capa color turquesa (Figura 16).

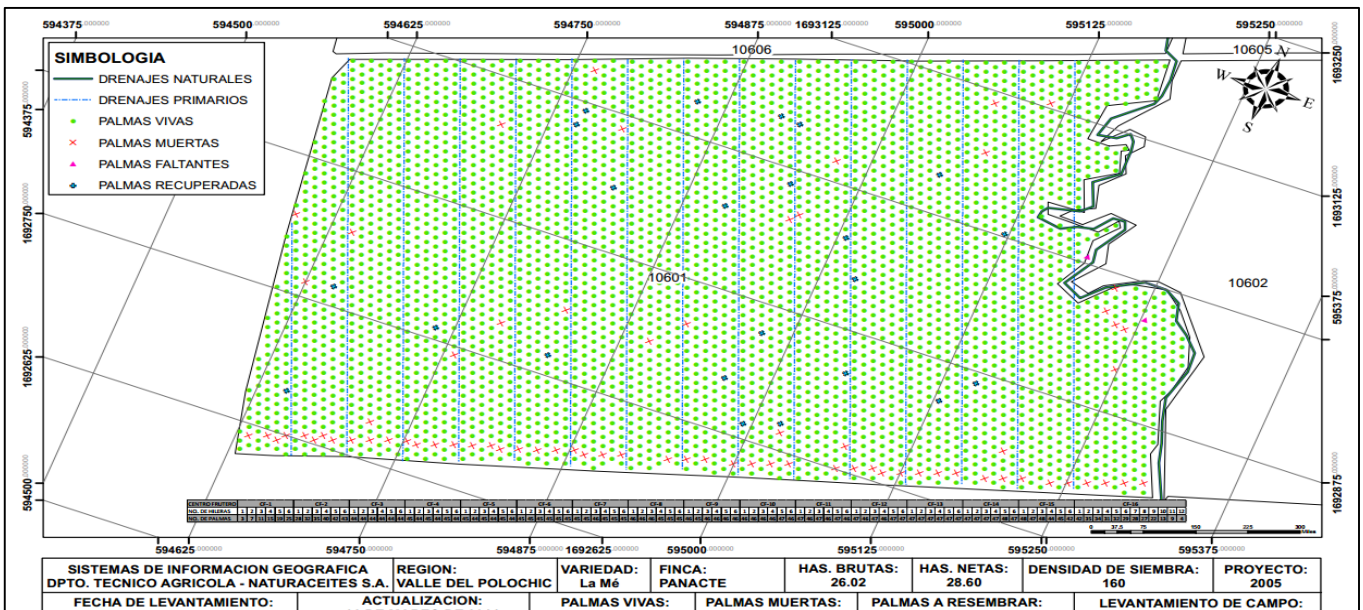


Fuente: Elaboración propia

Figura 16. Mapa temático de drenajes artificiales y naturales de la finca Yalcobé

2.7.2.4 Mapa elaborado por el programa ArcGIS

Paso 4: Se utilizó el programa ArcGIS para crear una base de datos en donde identifica y cuantifica cada variable analizada. (Figura 17).



Fuente: Elaboración propia

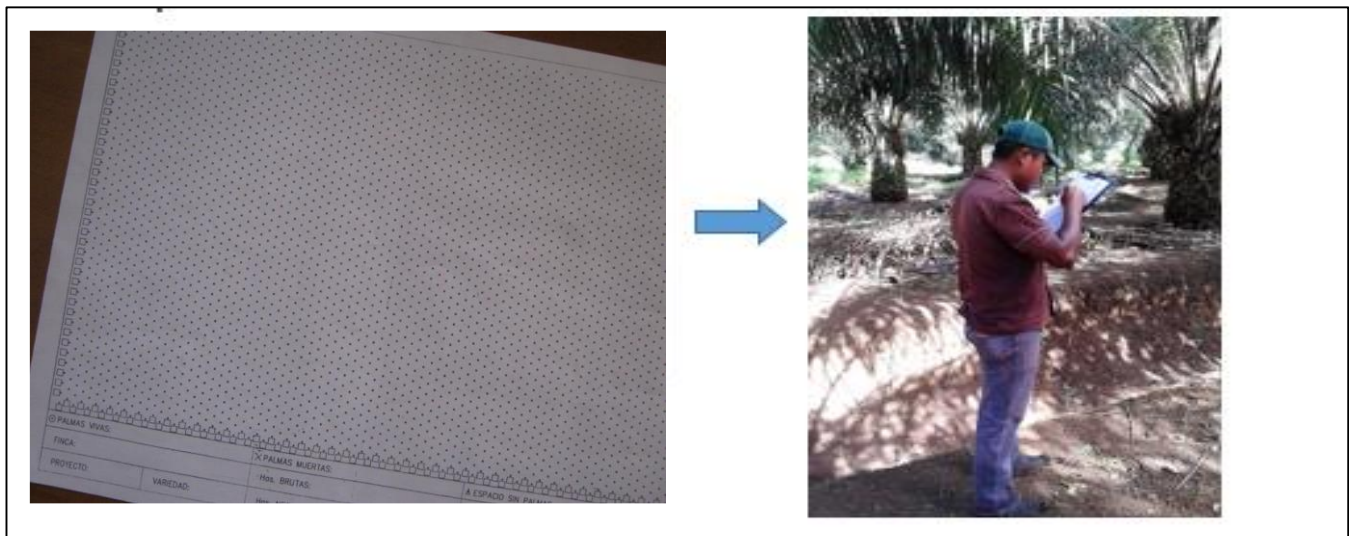
Figura 17. Presentación final del mapa temático de variables analizadas

En la figura 17, se observa el área neta del lote, la densidad y variedad de la plantación y la cantidad de palmas vivas, muertas, área sin palma y área en recuperación. Con esta información se espera poder tomar decisiones agronómicas específicas para mejorar el manejo y por lo tanto la productividad.

2.7.3 Manual de readecuación y registro de la plantación

2.7.3.1 Levantamiento de información en campo

Paso 1: En esta fase el personal recorrió la plantación para observar si los centros fruteros inician sus hileras de izquierda a derecha o viceversa, luego se dió a conocer la plantilla de puntos en donde dibujaron las variables evaluadas con su respectiva codificación (Figura 18).



Fuente: Elaboración propia

Figura 18 Descripción de la plantilla de puntos adjunto el personal de campo validando la misma y el área de evaluación

Paso 2: El personal convocado utilizó las siguientes literales para identificar las variables analizadas que dibujaron en la plantilla de punto. (Figura 19).



Fuente: Elaboración propia

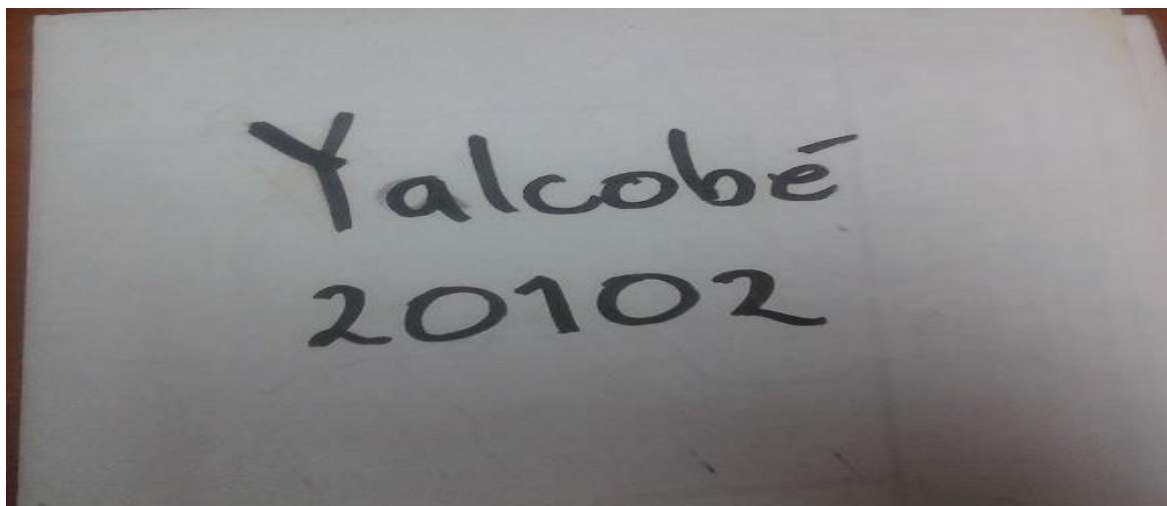
Figura 19. Presentación grafica de las variables representadas por códigos en la plantación

Paso 3: Se verificó la información en donde se eligió un centro frutero a lazar para confirmar si la información es correcta y si el personal supo identificar las variables.

2.7.3.2 Estructuración de información de campo en los programas de AutoCAD y ArcGIS.

En esta etapa, el mapa elaborado en campo se trazó en AutoCAD, en donde se utilizó plantilla de punto que representa la densidad de la plantación, creando capas (LAYER) para identificar las variables, tales como: palmas vivas, muertas, recuperación y área sin palmas. A continuación se describe el procedimiento a seguir para trazar en AutoCAD:

Paso 4: Ver el código del lote, en donde indica que el 2 es la región, 01 número de finca y 02 número de pante o lote (Figura 20).



Fuente: Elaboración propia

Figura 20 Código para la identificación de los lotes o pantes, conformado por la región, número de lote y número de finca.

Paso 5: Se verificó la base de datos que maneja el área de nutrición vegetal para ratificar la densidad que maneja el lote en cuestión (Figura 21).

Región	Finca	Código Lote	Proyecto	has	palmas	Palmas/ha	Variedad
2	Yalcobé	20101	2008	12.448	1780	143	La mé
2	Yalcobé	20102	2008	51.58	7376	143	La mé
2	Yalcobé	20103	2008	37.329	5338	143	La mé
2	Yalcobé	20104	2008	18.629	2664	143	La mé

Fuente: Naturaceites, Área de SIG (2014).

Figura 21. Descripción de información del lote, conformado por año, hectáreas, densidad y variedad.

En la figura 21 indica que el lote número.2 de la finca Yalcobé se cultiva la variedad La mé con una densidad de 143 palmas/ha sembrada en el año 2008.

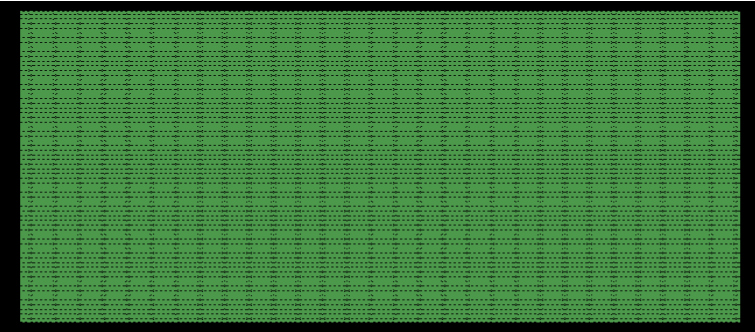
Paso 6: Comprobada la densidad del lote, se elijé del archivo la plantilla correspondiente a la densidad 143 palmas/ha (Figura 22 A) seleccionando la densidad aparecerá la plantilla de puntos deseada (Figura 22 B)

A

- avoritos
- Descargas
- Dropbox
- Escritorio
- Sitios recientes
- Bibliotecas
- Documentos
- Imágenes
- Música
- Videos

Nombre	Fecha de modifica...	Tipo	Tamaño
DENSIDADES DE SIEMBRA	27/08/2013 03:14 ...	Hoja de cálculo d...	29 KB
Variedad_137 Has	17/10/2013 05:38 ...	Archivo DWG	867 KB
Variedad_143 Has.bak	12/04/2014 02:38 ...	Archivo BAK	1,222 KB
Variedad_143 Has	12/04/2014 02:38 ...	Archivo DWG	1,222 KB
Variedad_147.29 Has	22/08/2013 07:10 a...	Archivo DWG	1,054 KB
Variedad_160 Has.bak	12/04/2014 12:14 ...	Archivo BAK	1,237 KB
Variedad_160 Has	12/04/2014 12:17 ...	Archivo DWG	1,237 KB
Variedad_170 Has	22/08/2013 07:10 a...	Archivo DWG	1,058 KB
Variedad_180 Has	22/08/2013 07:10 a...	Archivo DWG	1,059 KB
Variedad_192.39 Has	22/08/2013 07:10 a...	Archivo DWG	1,057 KB

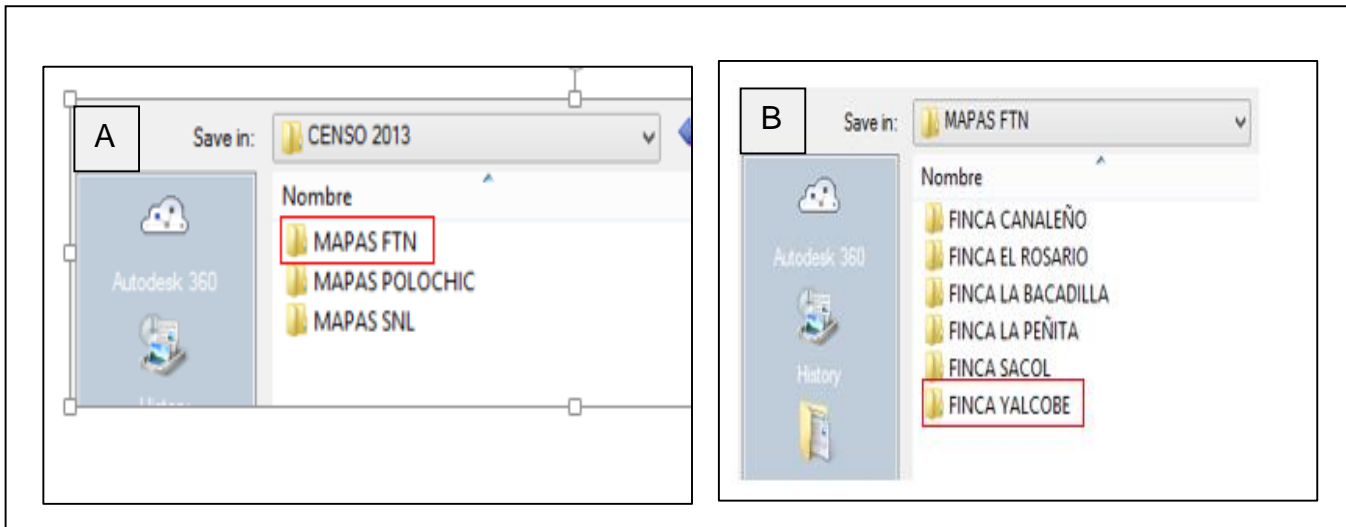
B



Fuente: Naturaceites, Área de SIG (2014)

Figura 22. Seleccionar plantilla de punto correspondiente al lote

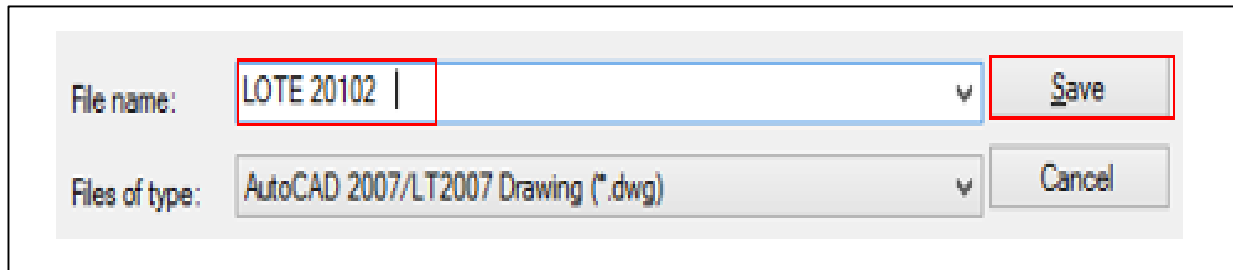
Paso 7: Se creó una carpeta para cada región, para poder guardar los archivos (Figura 23 A), seleccionamos y doble click a la carpeta correspondiente (Figura 23 B).



Fuente: Elaboración propia

Figura 23. Proceso de almacenamiento de la plantilla de punto

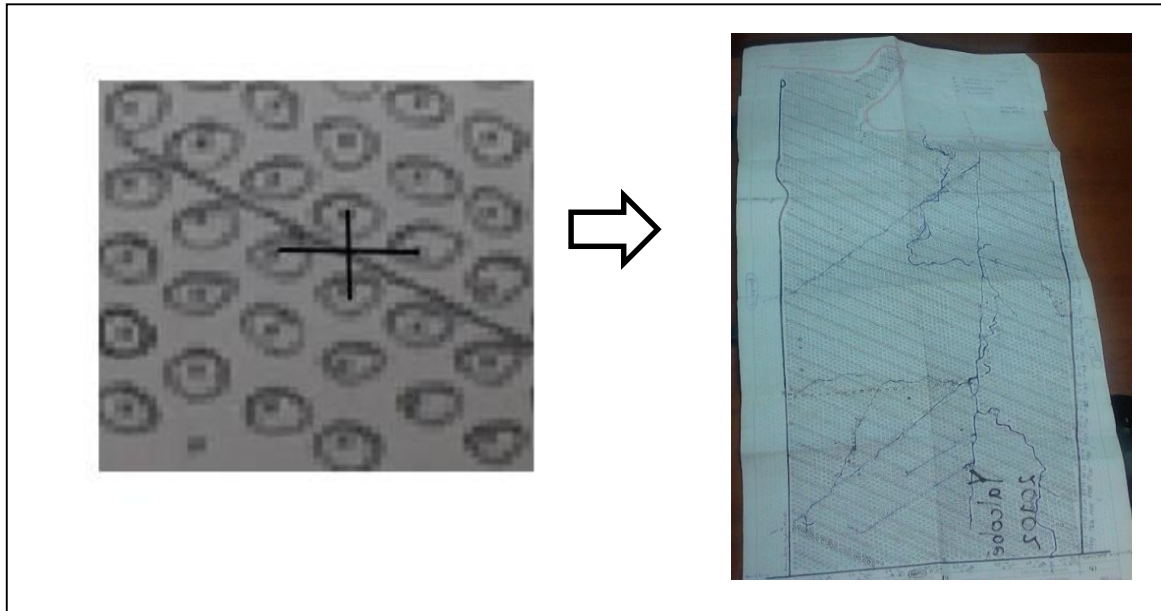
Paso 8: Seleccionada la carpeta, se codifica cada lote de la finca Yalcobé y guardar (Figura 24).



Fuente: Elaboración propia

Figura 24. Guardar el archivo con la codificación del lote.

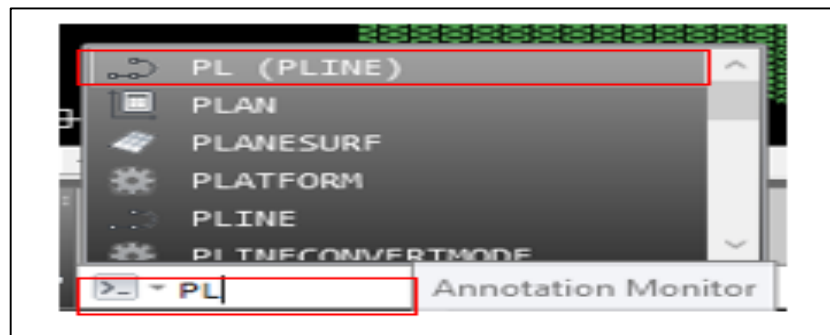
Paso 9: Guardado el archivo, se orienta el mapa de campo de Norte a Sur, identificando la distancia corta y la distancia mayor de Este a Oeste (Figura 25).



Fuente: Elaboración propia

Figura 25. Orientación del mapa antes de dibujar en el programa AutoCAD

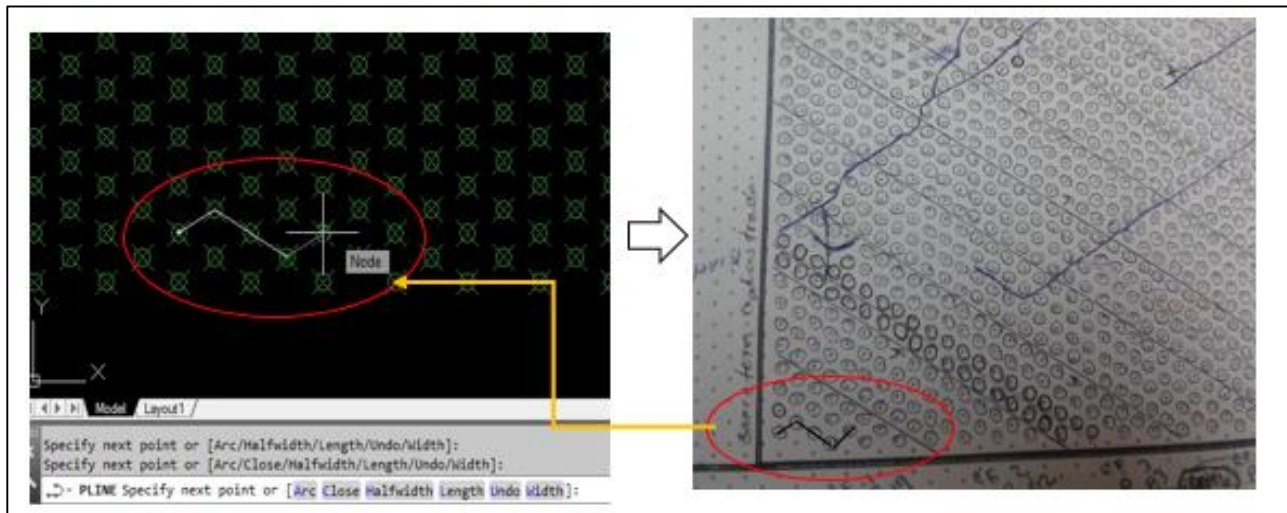
Paso 10: Orientado el mapa se procede a elaborar el mismo de forma digital, auxiliados por AutoCAD, iniciando con el comando polilínea (PL), para trazar el contorno del polígono (Figura 26).



Fuente: Elaboración propia, tomada del programa AutoCAD

Figura 26. Comando poli línea para trazar el perímetro del lote

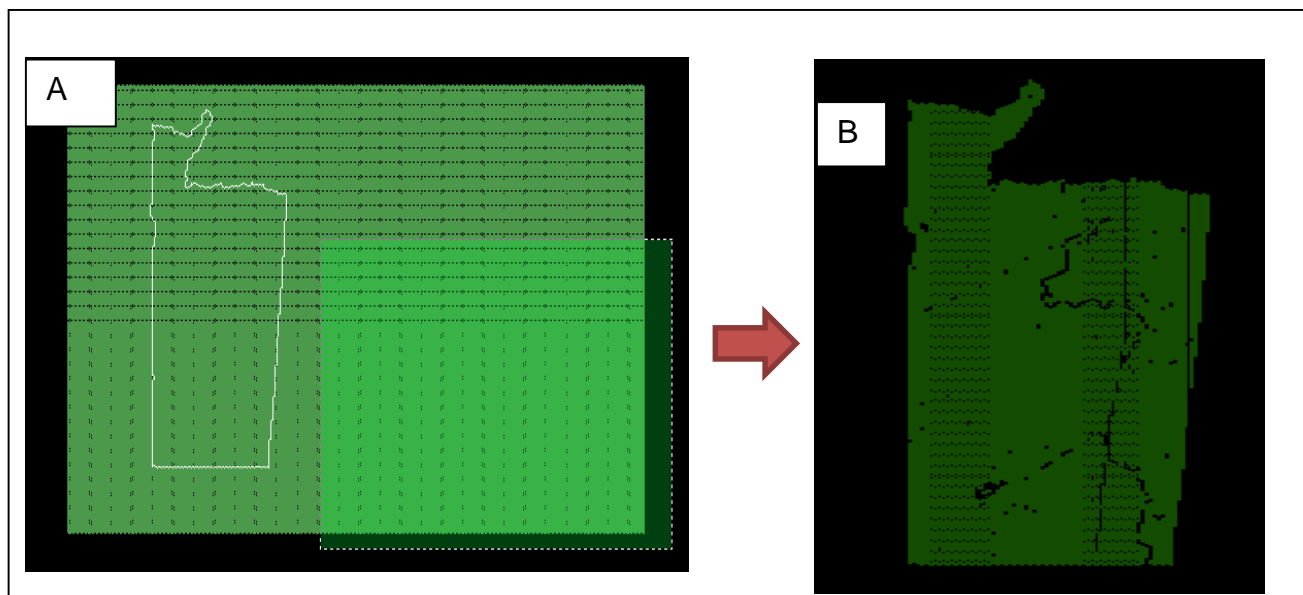
Paso 11: El resultado de trazar el mapa digital basado en el mapa de campo es obtener la distribución real de la plantación a nivel de campo, parte de ello se observa la figura 27.



Fuente: Elaboración propia

Figura 27 Guía para dibujar el contorno del lote 20102 haciendo uso del comando PL

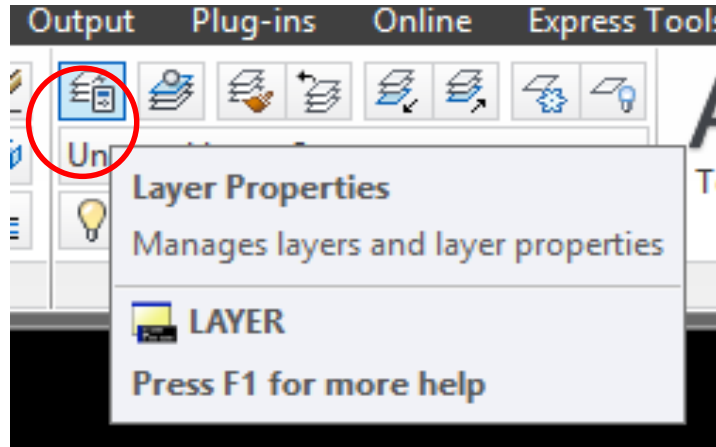
Paso 12: Finalizado el trazó del contorno del pante o lote, se procede a depurar los puntos anormales que no estaban dentro de la línea de referencia trazada, por medio de la tecla SUPR (Figura 28 A), y sobresaldrá la forma real del lote (Figura 28 B).



Fuente: Elaboración propia

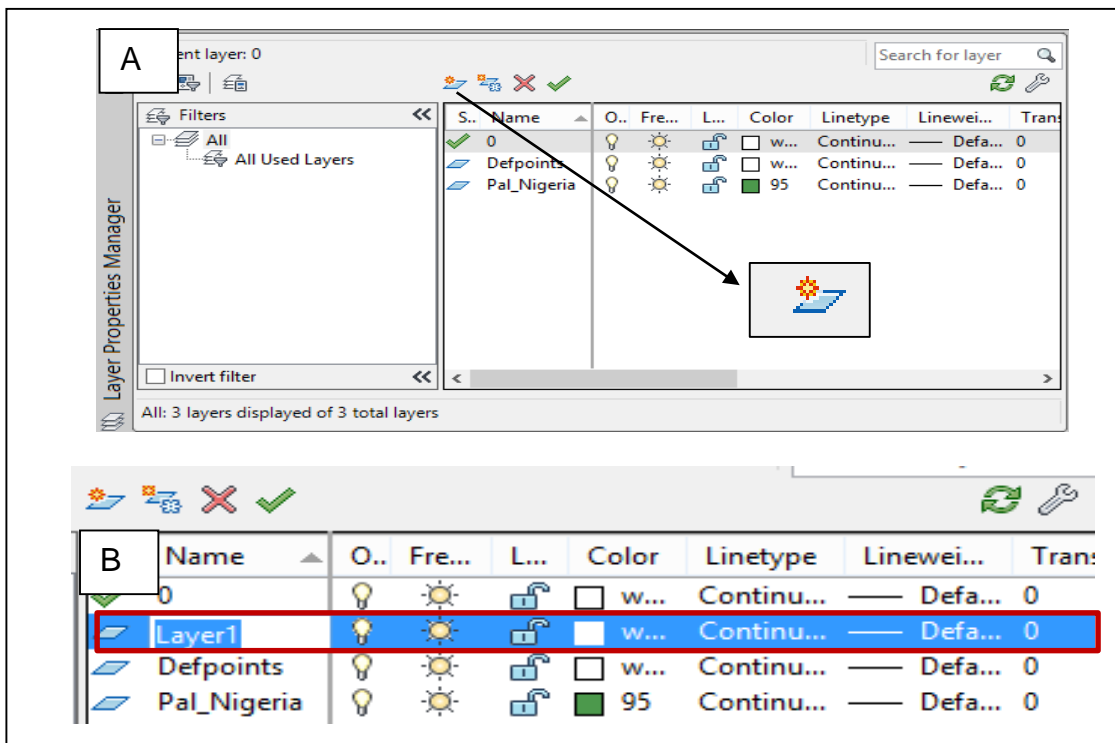
Figura 28.Proceso de depuración de puntos

Paso 13: Click en layer properties para crear capas (LAYER) para identificar las variables (Figura 29).



Fuente: Elaboración propia, tomado del programa ArcGIS 10.1
Figura 29. Creación de capas con la opción Layer.

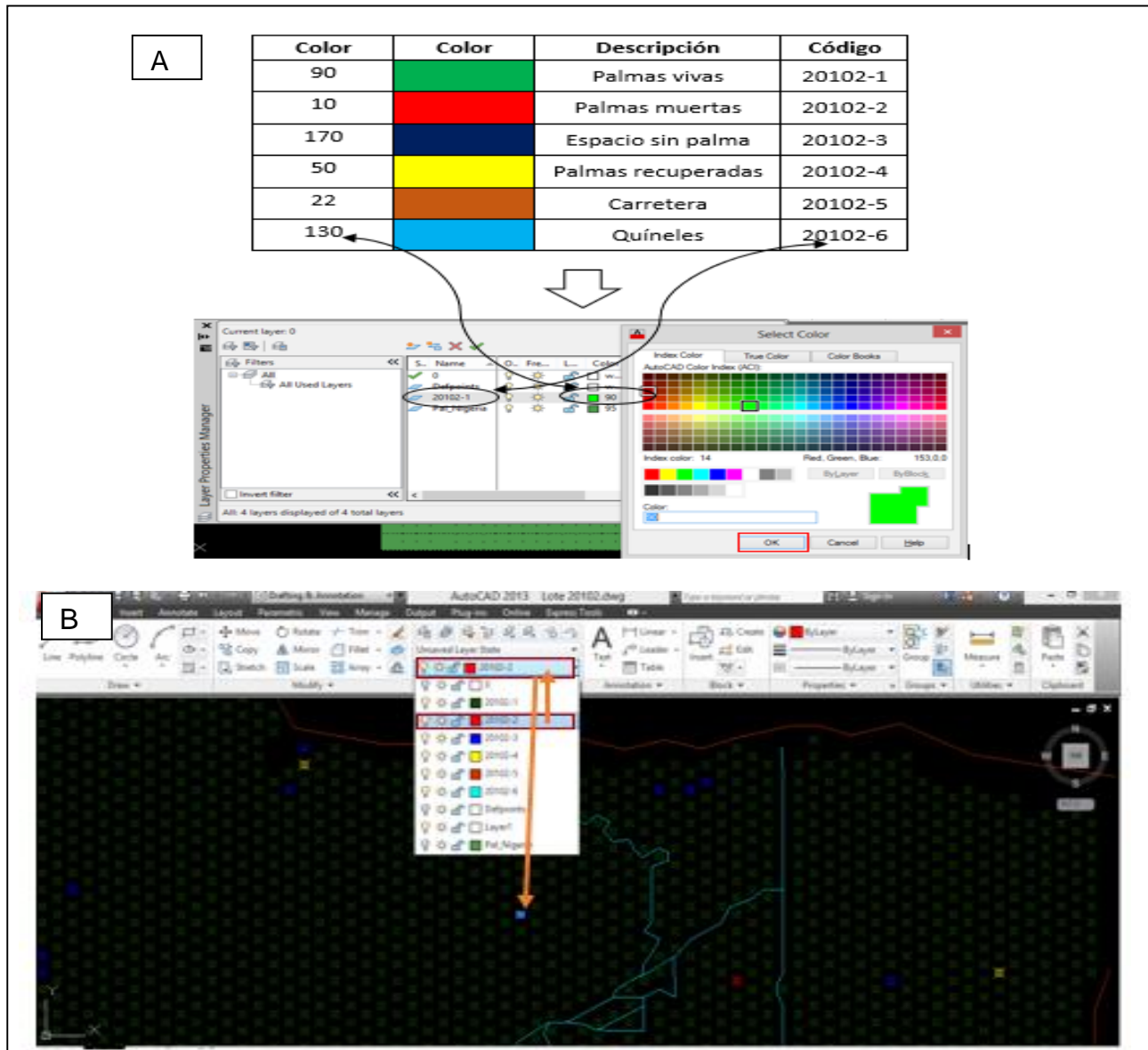
Paso 14: Al darle click al icono **new layer** (Figura 30 A), emergerá la siguiente venta para crear capas (LAYER) para identificar las variables (Figura 30 B).



Fuente: Elaboración propia, tomado del programa ArcGIS 10.1

Figura 30 Adición de capas con el icono new layer

Paso 15: Codificación y descripción de cada capa (LAYER) utilizando las variables de referencia (Figura 31 A), por medio del mapa de campo, se identificaba las palmas muertas, áreas sin palmas y en recuperación puntualizándolas en el mapa digital dando click en las capas (LAYER) y mostrando la ubicación a nivel de campo (Figura 31 B).

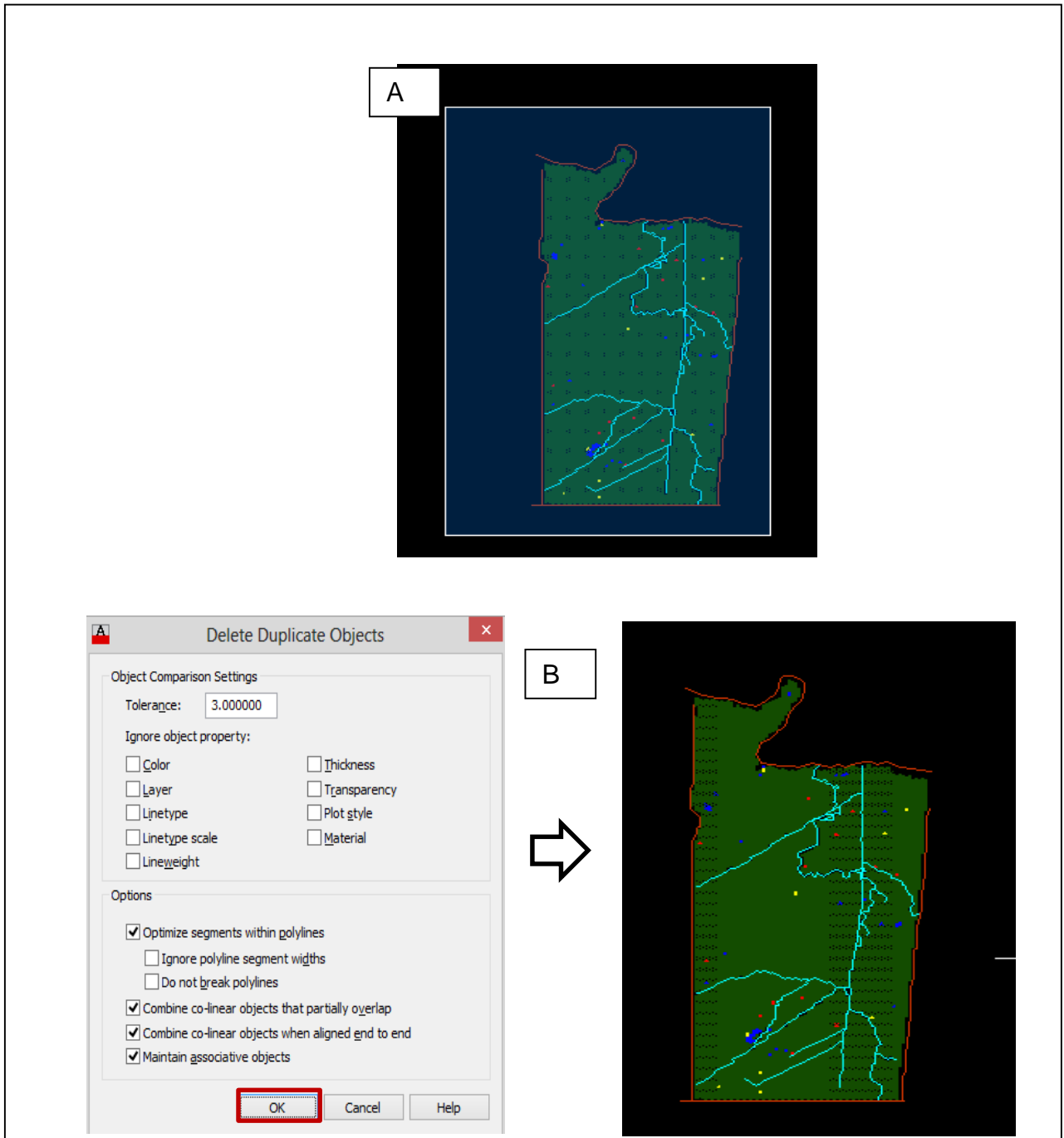


Fuente: Elaboración propia, tomado del programa AutoCAD

Figura 31 Identificación de las variables haciendo uso de capas

En la figura 31, se identificó las variables haciendo uso de las capas (LAYER) por medio del mapa de campo en donde se trazó el mismo en AutoCAD.

Paso 16: Identificadas las variables en el mapa digital, se utilizó el comando **OVERKILL** para eliminar los puntos sobre puestos, se selecciona el lote (Figura 32 A), emergerá una ventana llamada Delete duplicate objects (Figura 32 B) y presionamos ok.

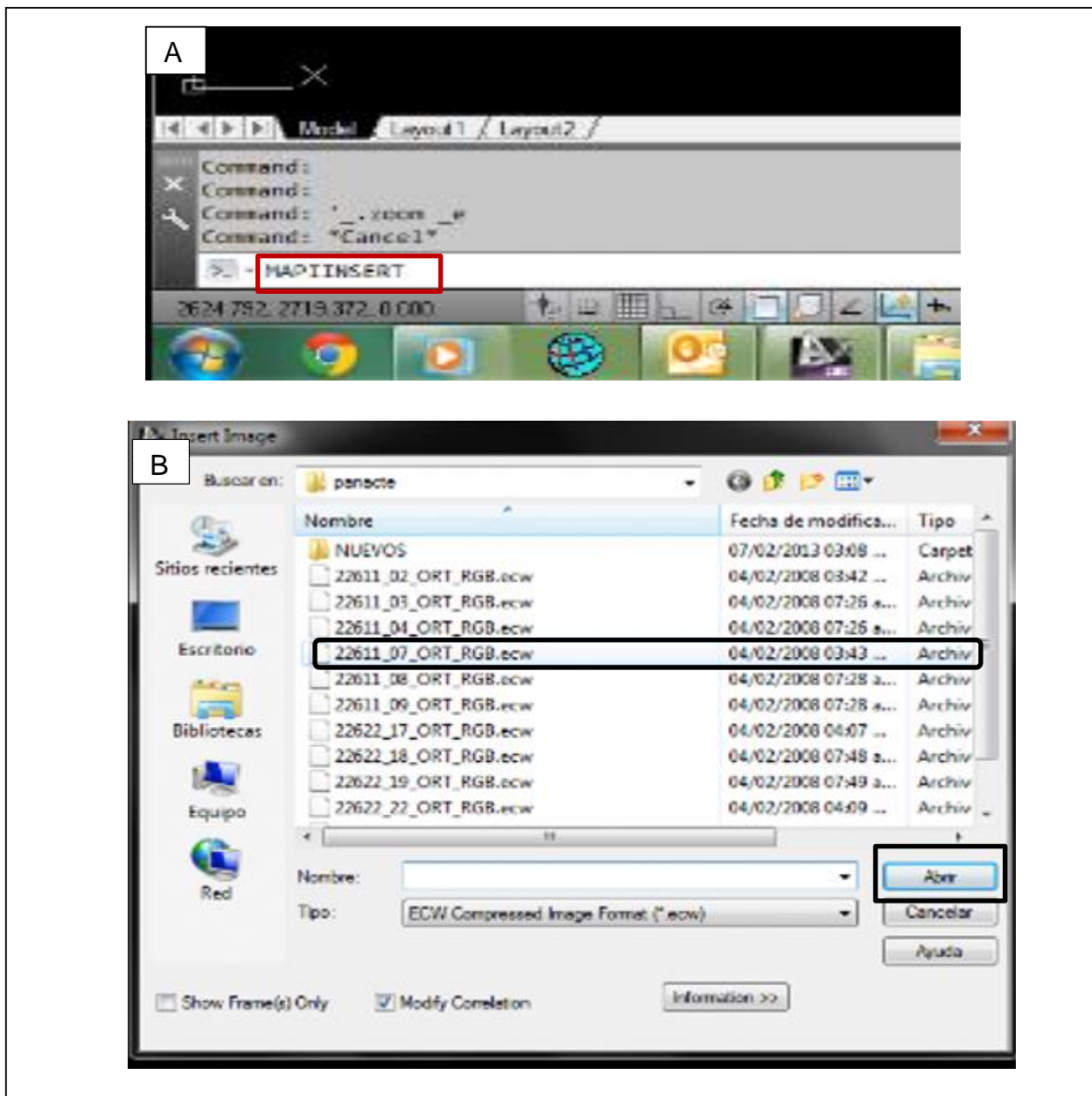


Fuente: Elaboración propia, tomando del programa AutoCAD

Figura 32. Eliminación de puntos sobrepuestos haciendo uso del comando OVERKILL

Este paso se complementó con la utilización de una ortofoto de escala 1:80000 referenciado con coordenadas UTM. Luego se localizó en el polígono en la ortofoto y por último se interpuso los puntos de referencia donde se encontraba los centros fruteros.

Paso 17: Ejecutar el programa AutoCAD, con el comando MAPIINSERT. (Figura 33 A) se mostrará la ventana para elegir la ortofoto 22611_07_ORT-RGB correspondiente, se selecciona y click en la opción abrir (Figura 33 B).



Fuente: Elaboración propia, tomando del programa AutoCAD

Figura 33. Elegir ortofoto haciendo uso del comando MAPIINSET

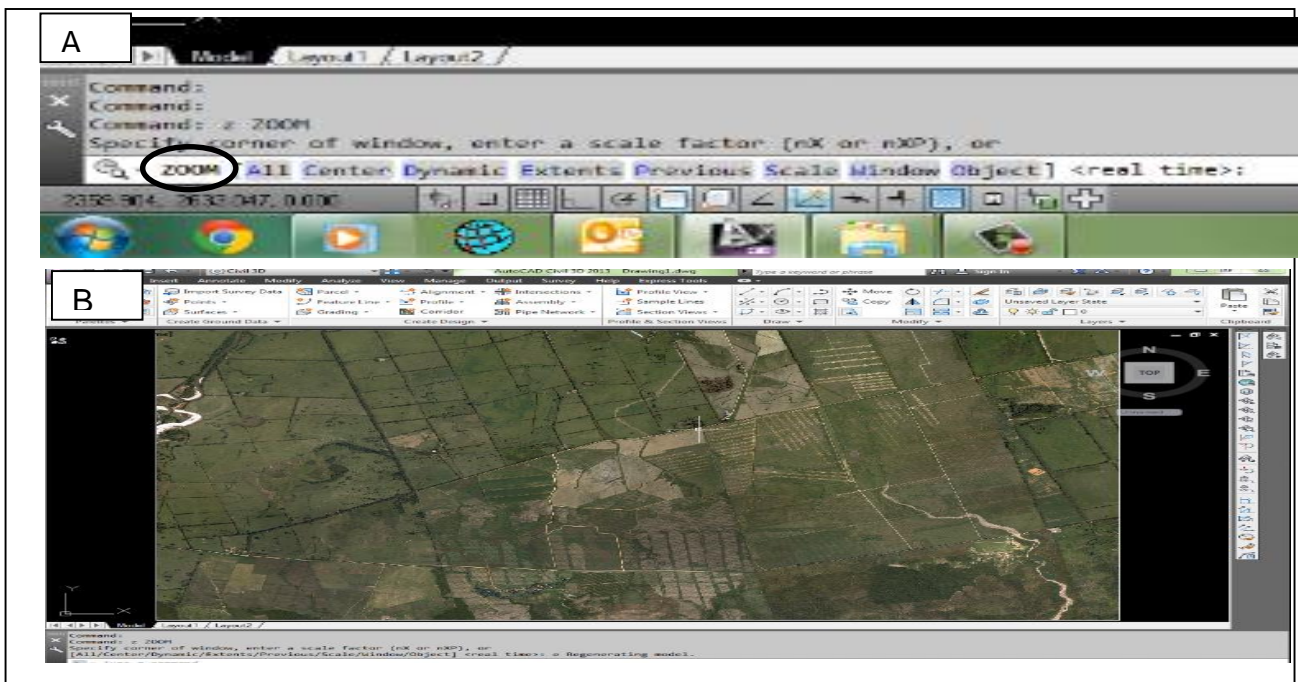
Paso 20: Al presionar la opción abrir, emergerá la ventana que solicita abrir la ortofoto, presionamos ok (Figura 34).



Fuente: Elaboración propia, tomando del programa AutoCAD

Figura 34. Elección de ortofoto para la ubicación de palmas

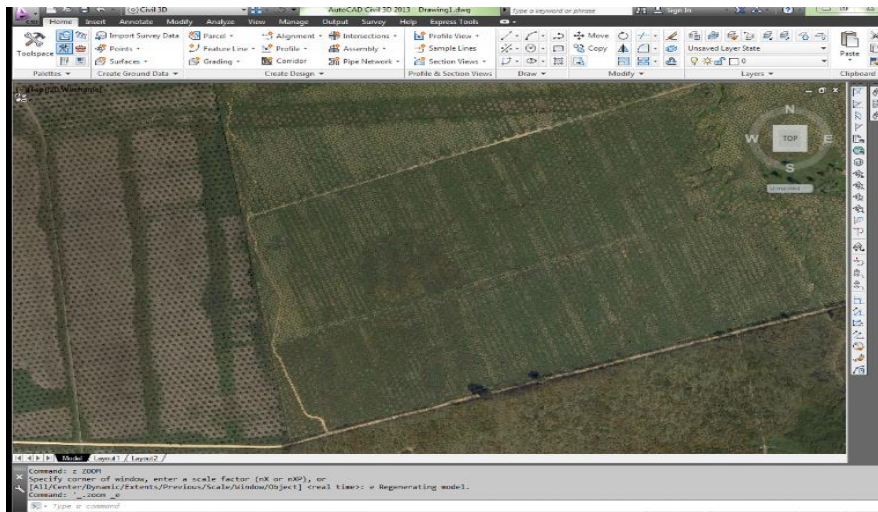
Paso 21: El comando ZOOM se utiliza para realizar el acercamiento de la ortofoto elegida (Figura 35 A) seleccionada la ortofoto se muestra el mapa aéreo (Figura 35 B).



Fuente: Elaboración propia, tomando del programa AutoCAD

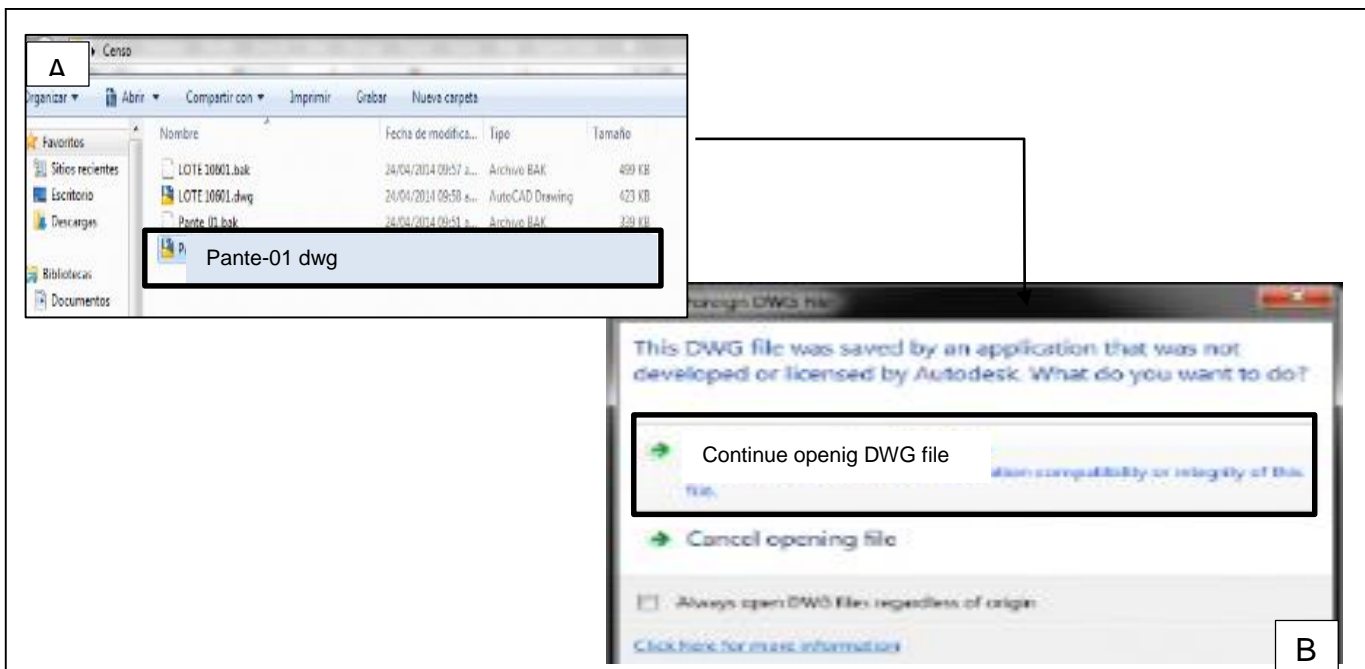
Figura 35 Acercamiento de la ortofoto haciendo uso del comando ZOOM

Paso 22: Ubicación del lote 20102 en la finca Yalcobé tomado de la ortofoto, mostrando la forma del lote (Figura 36).



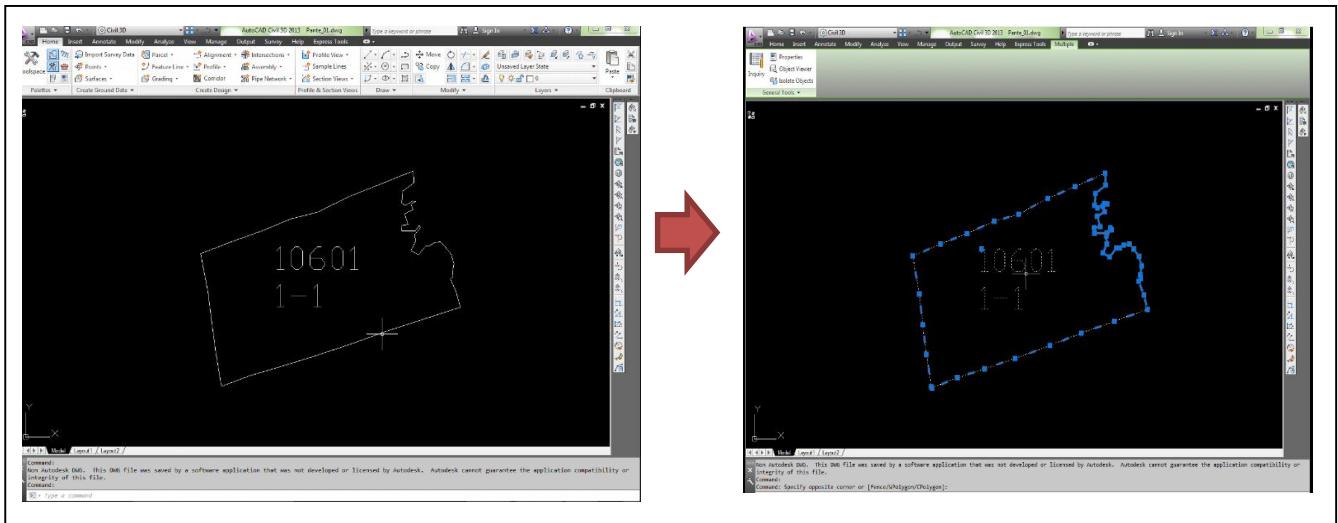
Fuente: Elaboración propia, tomando del programa AutoCAD
Figura 36 Ubicación del lote en la ortofoto

Paso 23: Se indaga en los archivos de AutoCAD eligiendo el archivo Pante_01. Este proceso se inicia dando doble click en el archivo (Figura 37 A), seguidamente emergerá una nueva ventana y se dará click a la opción de CONTINUE OPENIG DWG file (Figura 37 B).



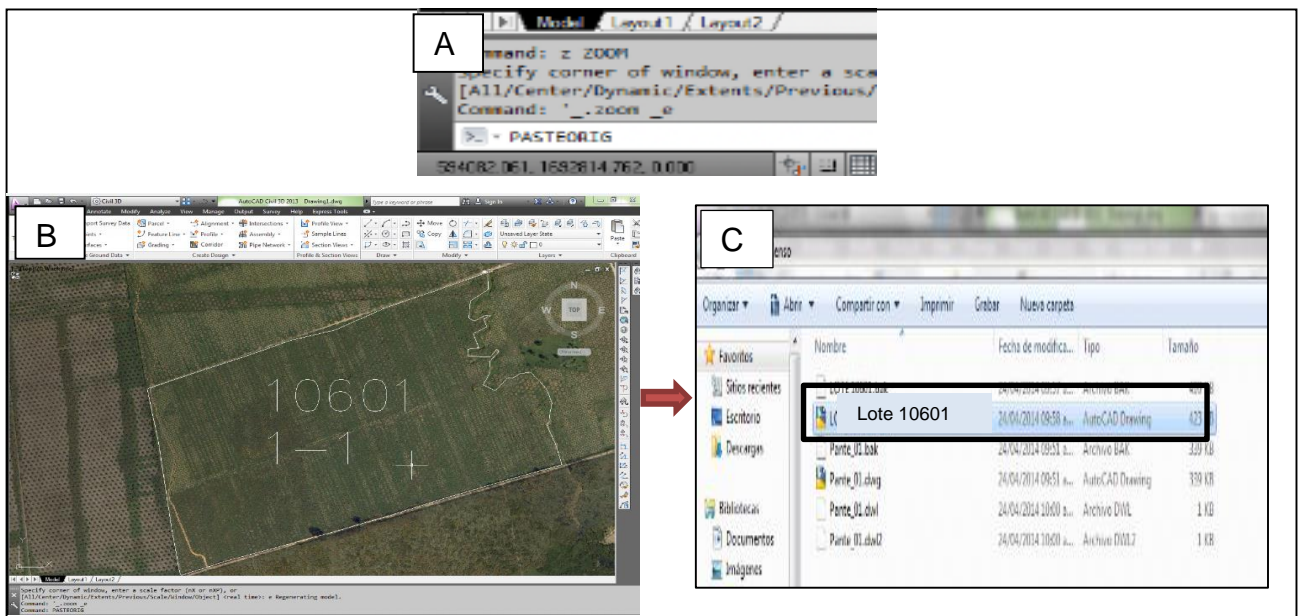
Fuente: Elaboración propia, tomando del programa AutoCAD
Figura 37 Selección del perímetro del lote en cuestión

Paso 24: Elegida la opción CONTINUE OPENIG DWG file, se abrirá el archivo del polígono y se selecciona el perímetro del mapa (Figura 38).



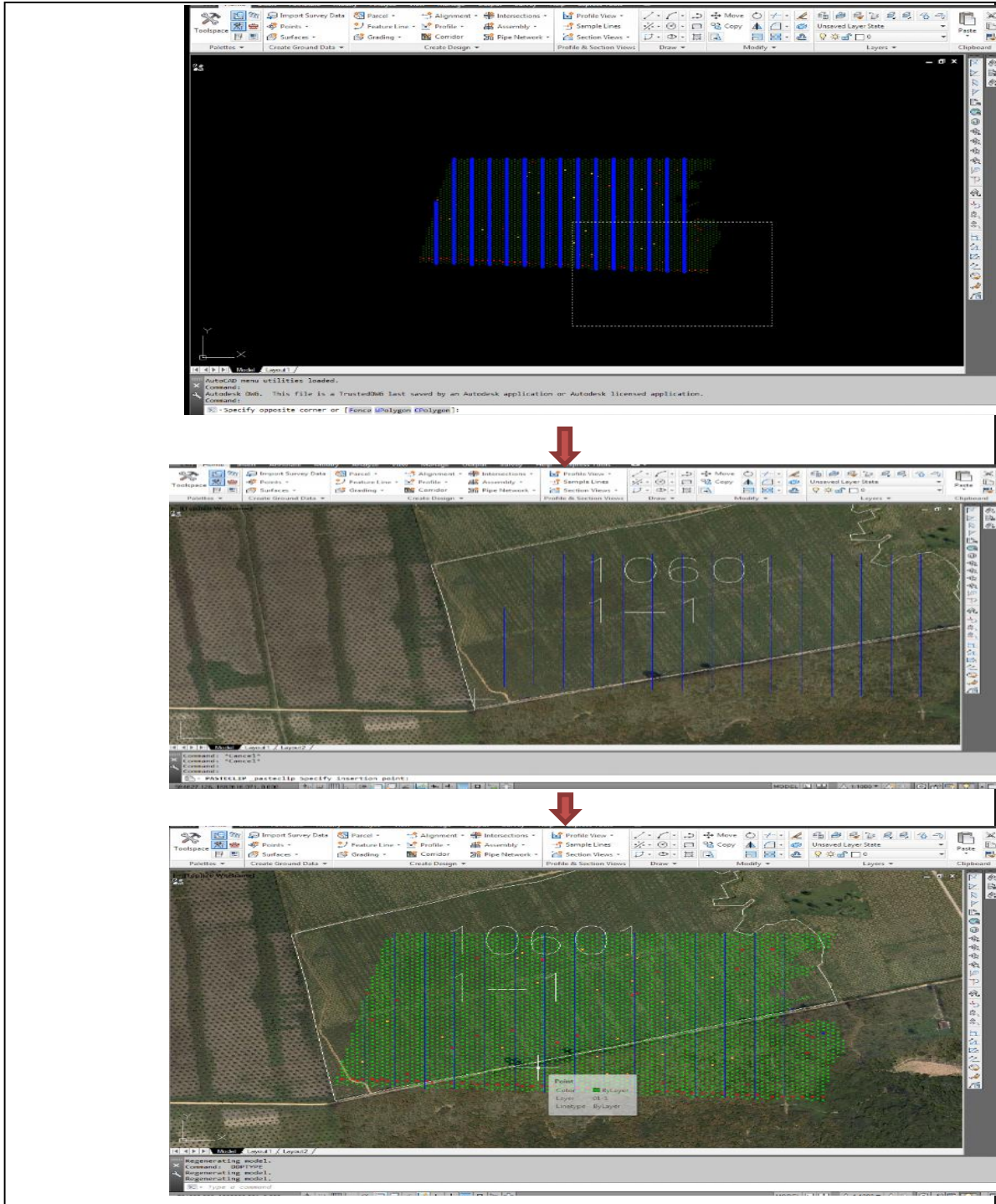
Fuente: Elaboración propia, tomando del programa AutoCAD
Figura 38 Seleccionar el perímetro del lote en AutoCAD

Paso 25: Por medio del comando PASTEORIG, automáticamente se ubicará el polígono dentro de la ortofoto (Figura 39 A y B). Ubicado el polígono en la ortofoto, se indaga el archivo en la carpeta FINCA YALCOBÉ eligiendo el archivo lote 10601 donde se encuentra el mapa de variables que se realizó anteriormente. (Figura 39 C)



Fuente: Elaboración propia, tomando del programa AutoCAD
Figura 39 Ubicación del perímetro del lote en la ortofoto

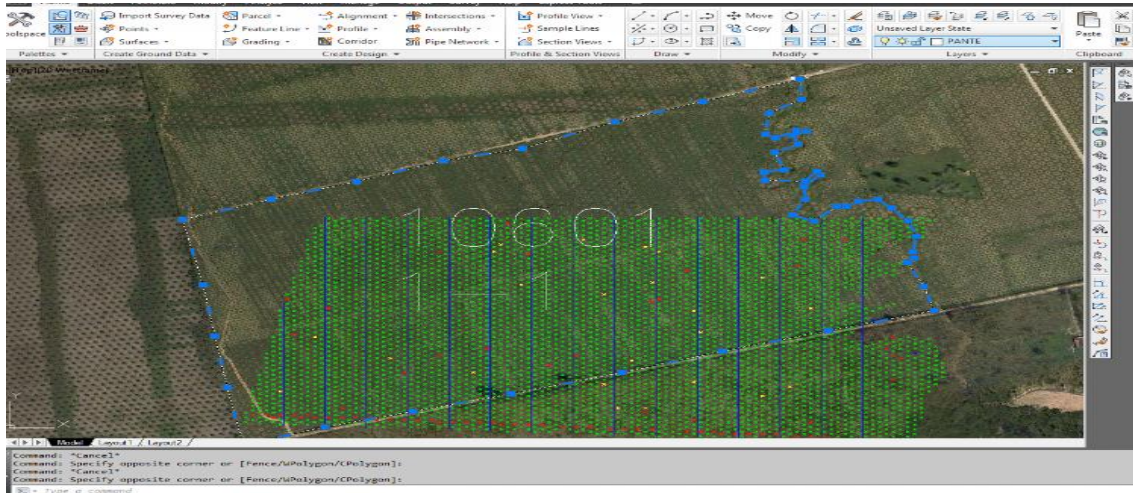
Paso 26: Se selecciona el archivo lote 10601 de la finca Yalcobé, utilizando el comando Ctrl C, y copiará el mapa de variables que se elaboró en AutoCAD y se ubicará en la ortofoto (Figura 40).



Fuente: Elaboración propia, tomando del programa AutoCAD

Figura 40 Ubicación del mapa de variables en la ortofoto

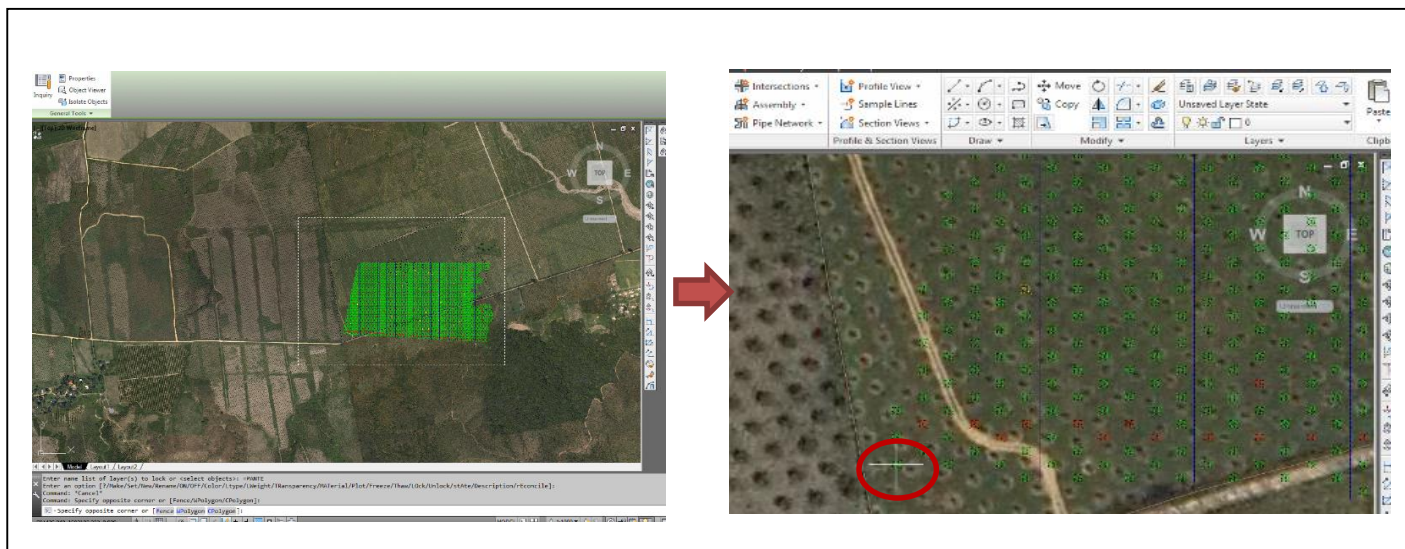
Paso 27: Seleccionado el perímetro del polígono y evitando el movimiento del mismo de la ubicación de las variables aseguramos las capas (LAYER) por medio del candado visual ubicado en la barra del menú (Figura 41).



Fuente: Elaboración propia, tomando del programa AutoCAD

Figura 41 Procedimiento de seguridad para las capas (layer)

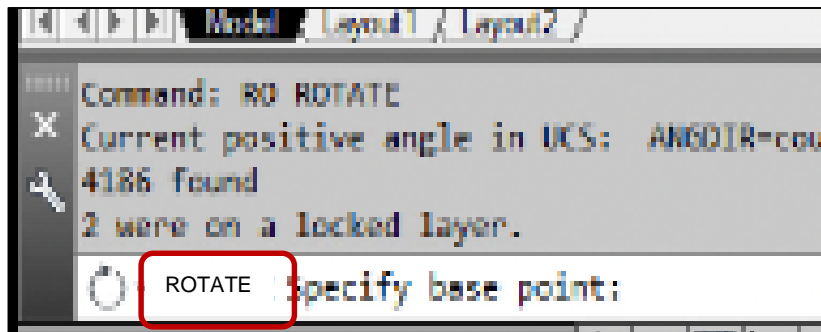
Paso 28: Selección el mapa de variables, se elegirá el punto de referencia para hacer su respectiva rotación (Figura 42).



Fuente: Elaboración propia, tomando del programa AutoCAD

Figura 42 Proceso de rotación usando un punto de referencia

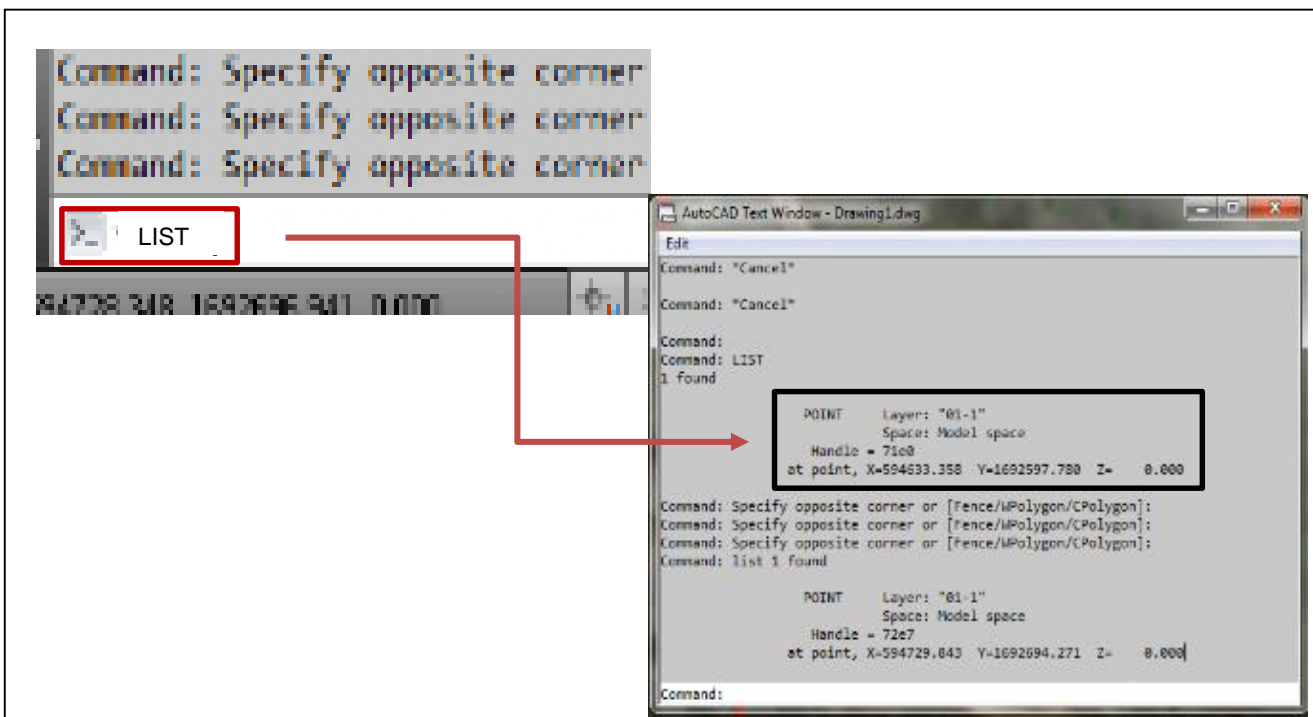
Paso 29: Se utilizó el comando ROTATE para mover el polígono y encajarlo a la ortofoto (Figura 43).



Fuente: Elaboración propia, tomando del programa AutoCAD

Figura 43 Comando rotate para rotación de figura o mapas

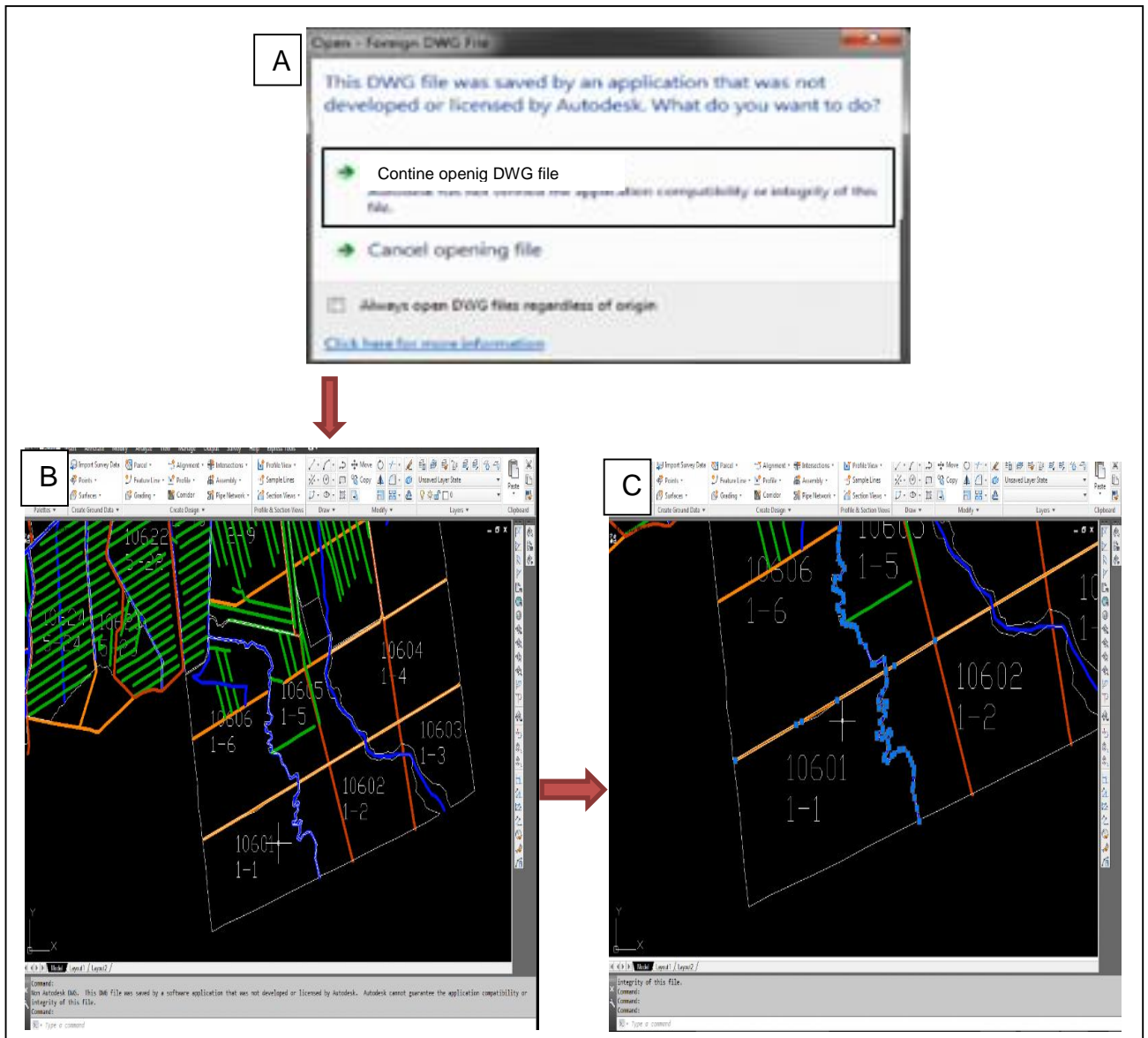
Paso 30: El comando LIST verifica las coordenadas del polígono, trasladándonos a la ventana donde nos indicará las coordenadas reales del polígono (Figura 44).



Fuente: Elaboración propia, tomando del programa AutoCAD

Figura 44 Comando LIS para verificar las coordenadas de cada punto o palma

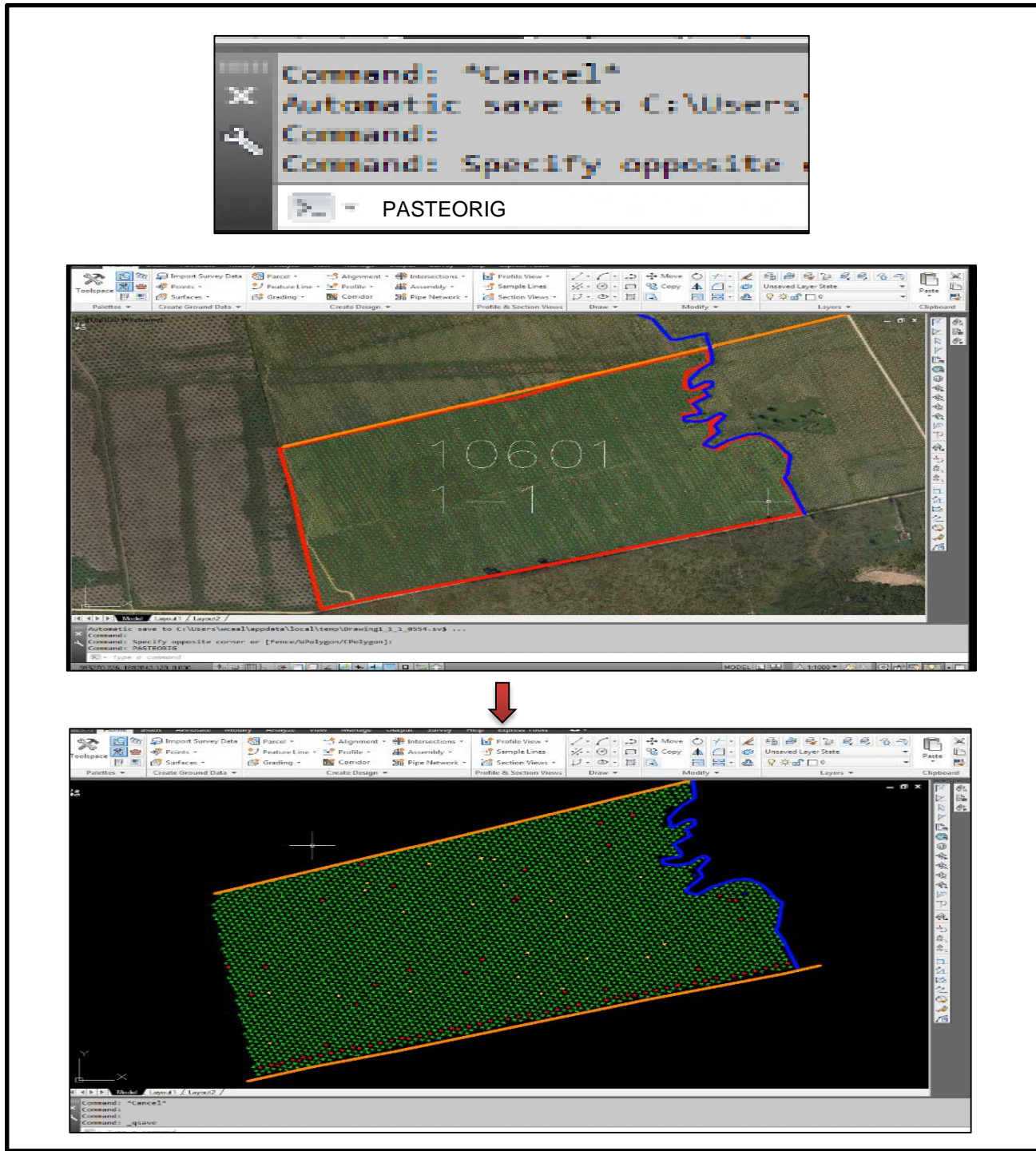
Paso 31: El departamento de Ingeniería agrícola de la finca Yalcobé proporcionó el archivo de caminos. Donde se especifica la distribución de los mismos, en la finca y por medio de la opción CONTINUE OPENIG (Figura 45 A), mostrará la forma de los lotes, carreteras, ríos y quíneles que le corresponde a cada lote. (Figura 45 B), seguidamente ubicamos el lote en cuestión (Figura 45 C).



Fuente: Elaboración propia, tomando del programa AutoCAD

Figura 45 Proceso de selección de caminos, drenajes del lote en cuestión

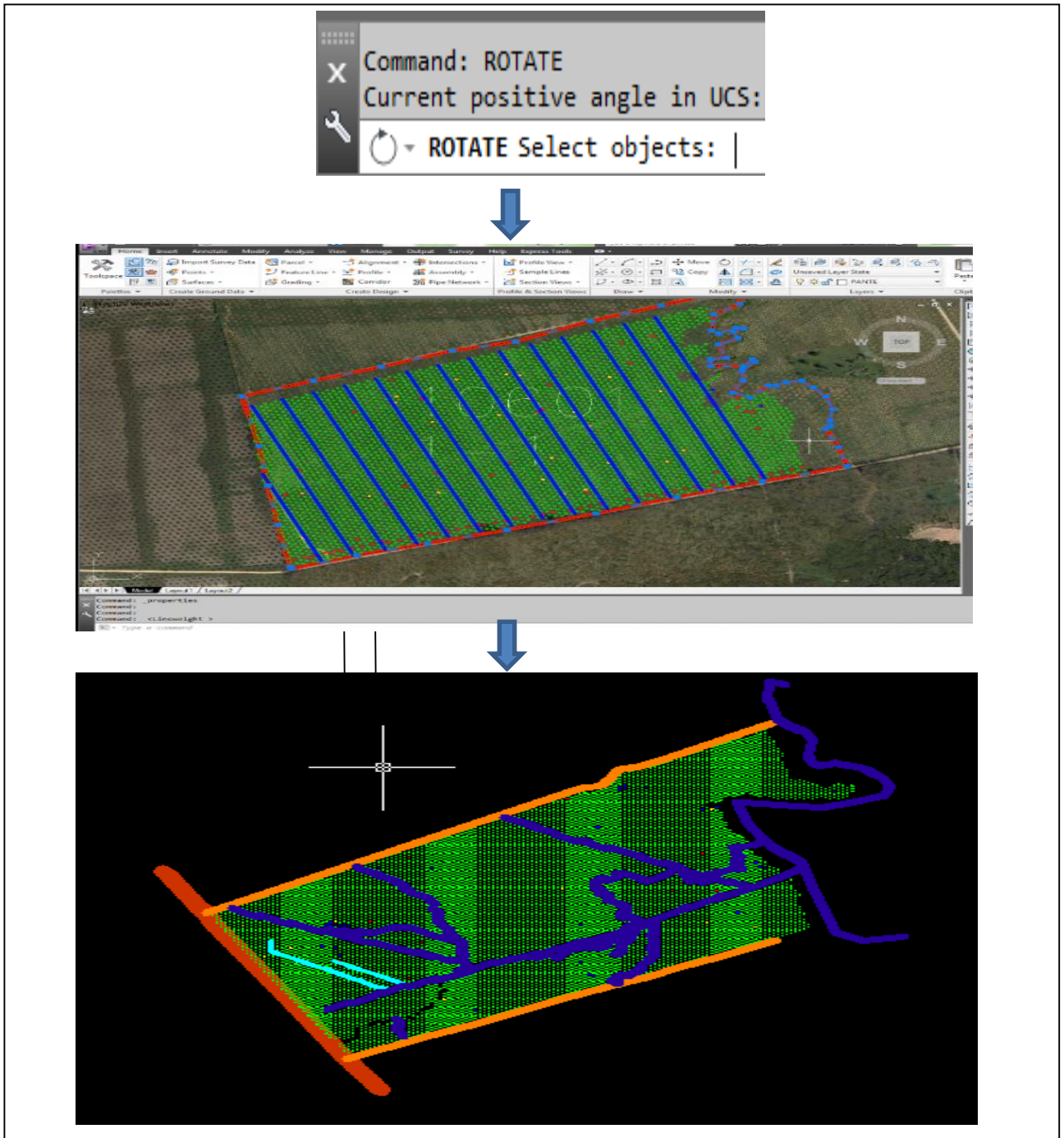
Paso 32: El comando PASTEORIG tiene como función de ubicar el mapa proveniente de las coordenadas proveídas del departamento de Ingeniera agrícola en la ortofoto, (Figura 46).



Fuente: Elaboración propia, tomando del programa AutoCAD

Figura 46 Traslado del archivo con sus respectivas variables y coordenadas

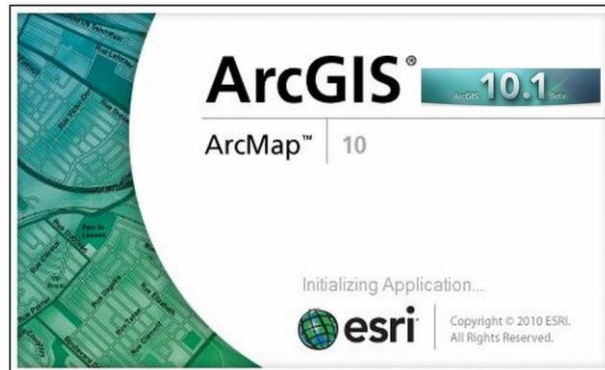
Paso 33: Rotación del polígono en dirección Norte. Esto depende de la dirección que se encuentra los centros fruteros. Se utilizó el comando ROTATE y seleccionando un punto de referencia en donde se direcciona hacia el Norte (Figura 47).



Fuente: Elaboración propia, tomando del programa AutoCAD
Figura 47 Rotación del mapa hacia el Norte

Utilización del programa ArcGIS, base para actualizar, cuantificar, codificar y generar la base de datos para el análisis de población en el cultivo de la palma africana.

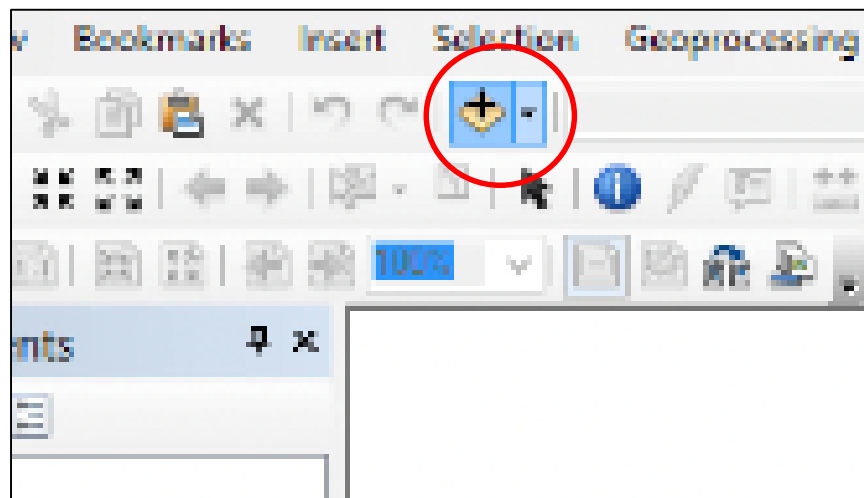
Paso 43: Ejecutar el programa de ArcGIS.



Fuente: Elaboración propia, tomando del programa ArcGIS 10.1

Figura 48 Inicio del programa de ArcGIS 10.1

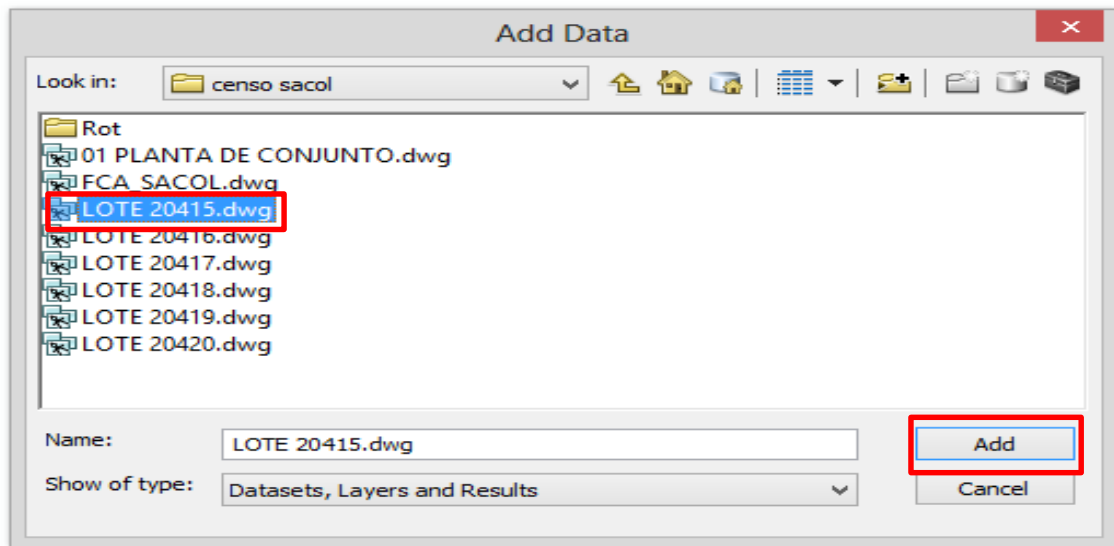
Paso 44: La herramienta ADD DATA, ayuda a encontrar el archivo en DWG (AutoCAD). El archivo DWG es el producto final de AutoCAD, esta herramienta automáticamente convierte el mapa en un shape del programa ArcGIS (Figura 49).



Fuente: Elaboración propia, tomando del programa ArcGIS 10.1

Figura 49 Herramienta ADD DATA que exporta la información al programa ArcGIS

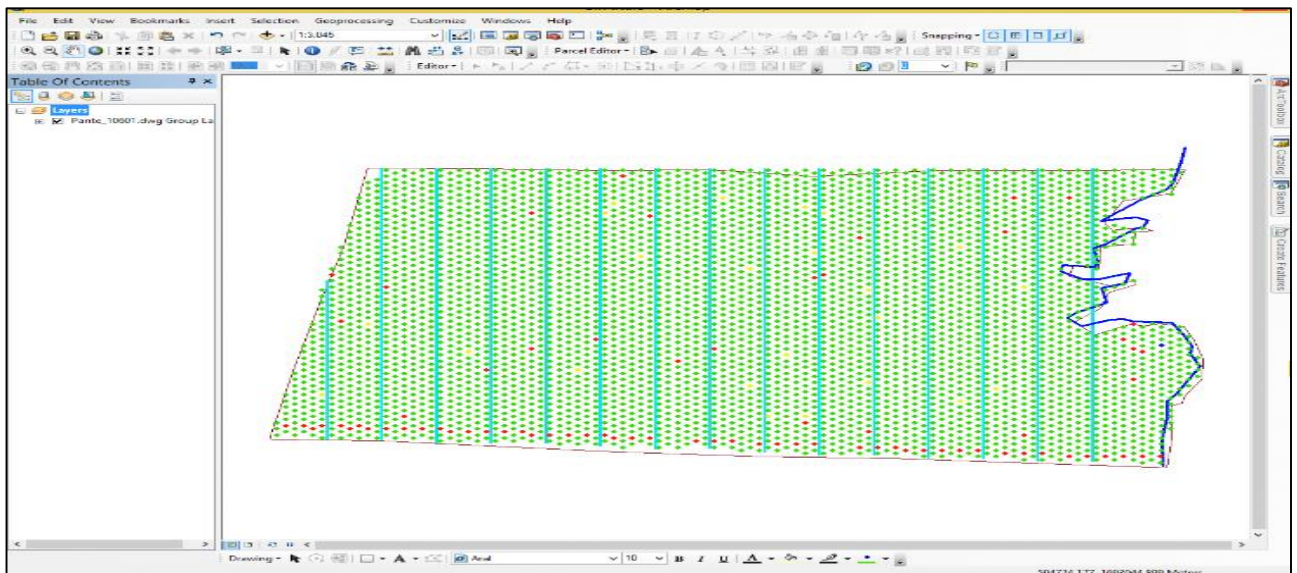
Paso 45: Al elegir el archivo DWG, dando click en ADD se traslada el mapa real al programa ArcGIS (Figura 50).



Fuente: Elaboración propia, tomando del programa ArcGIS 10.1

Figura 50. Elegir el archivo DWG elaborado en el programa AutoCAD

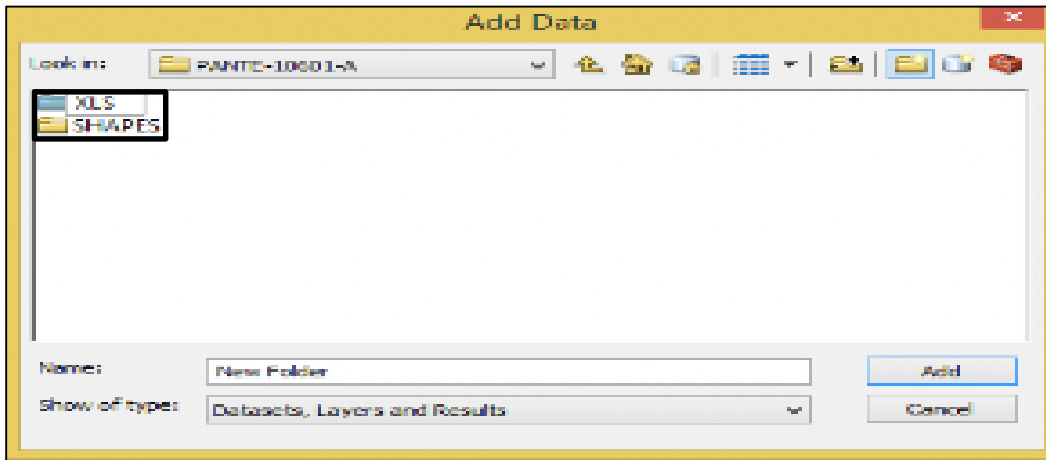
Paso 46: Seleccionado el archivo, se visualizará el polígono de puntos como un shape de puntos correspondiente al programa ArcGIS (Figura 51).



Fuente: Elaboración propia, tomando del programa ArcGIS 10.1

Figura 51. Exportación de archivo DWG hacia al programa ArcGIS

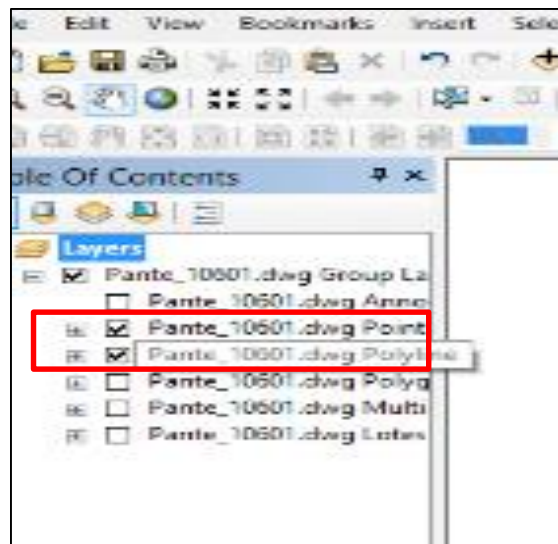
Paso 47: La herramienta ADD DATA guardará el archivo en el disco C. en donde se crearon dos carpetas llamadas SHAPE y XLS. El shape guarda el dibujo, y el archivo XLS guarda la base de datos (Figura 52).



Fuente: Elaboración propia, tomando del programa ArcGIS 10.1

Figura 52. Ubicación de las carpetas de almacenamiento en el disco C

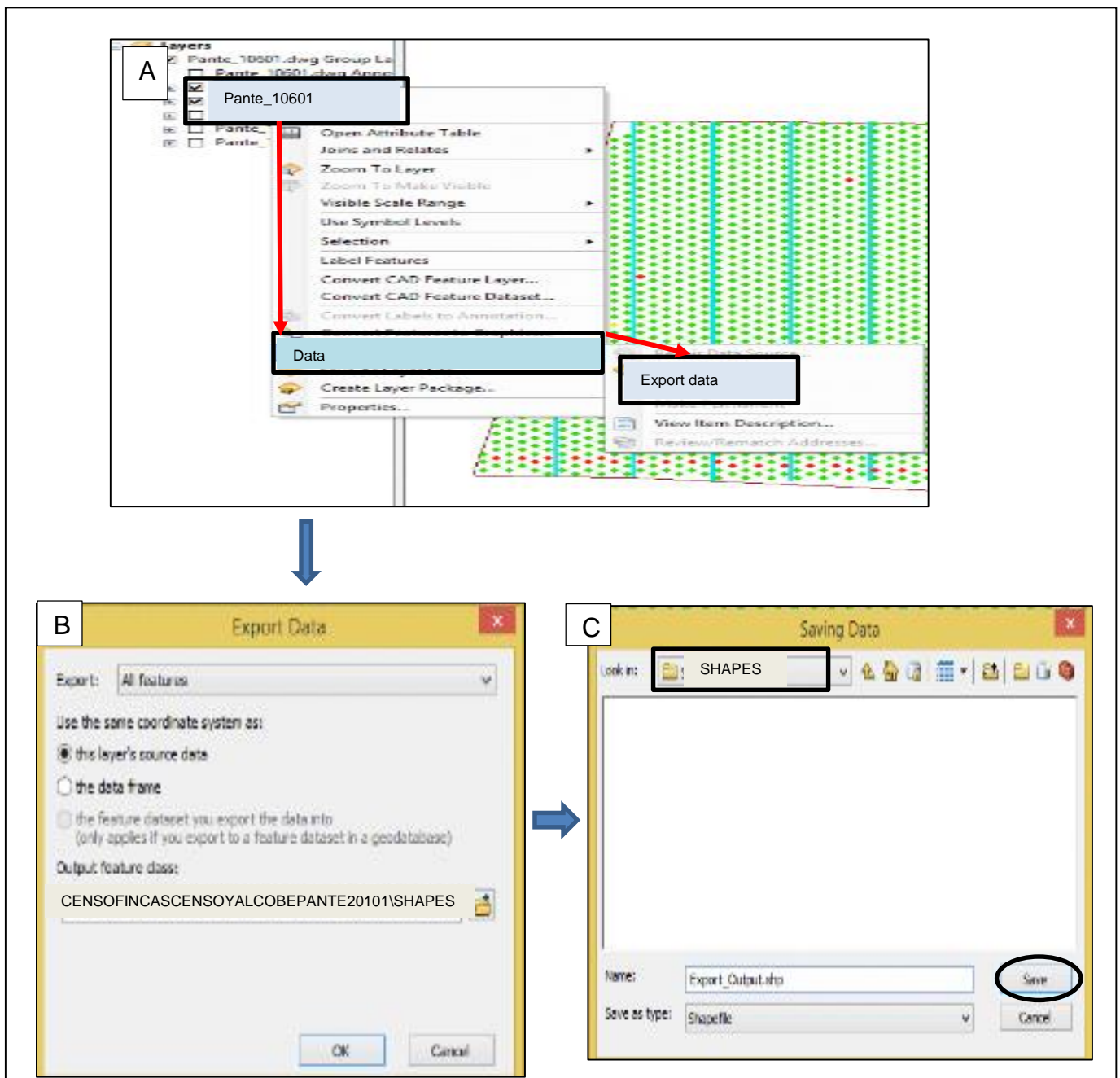
Paso 48: En la ventana desplegable de LAYERS se observará seis opciones en donde solo dos se tendrán que elegir. Se elegirán los shape DWG POINT y DWG POLYLINE (Figura 53).



Fuente: Elaboración propia, tomando del programa ArcGIS 10.1

Figura 53 Selección de los shape POINT y POLYLINE

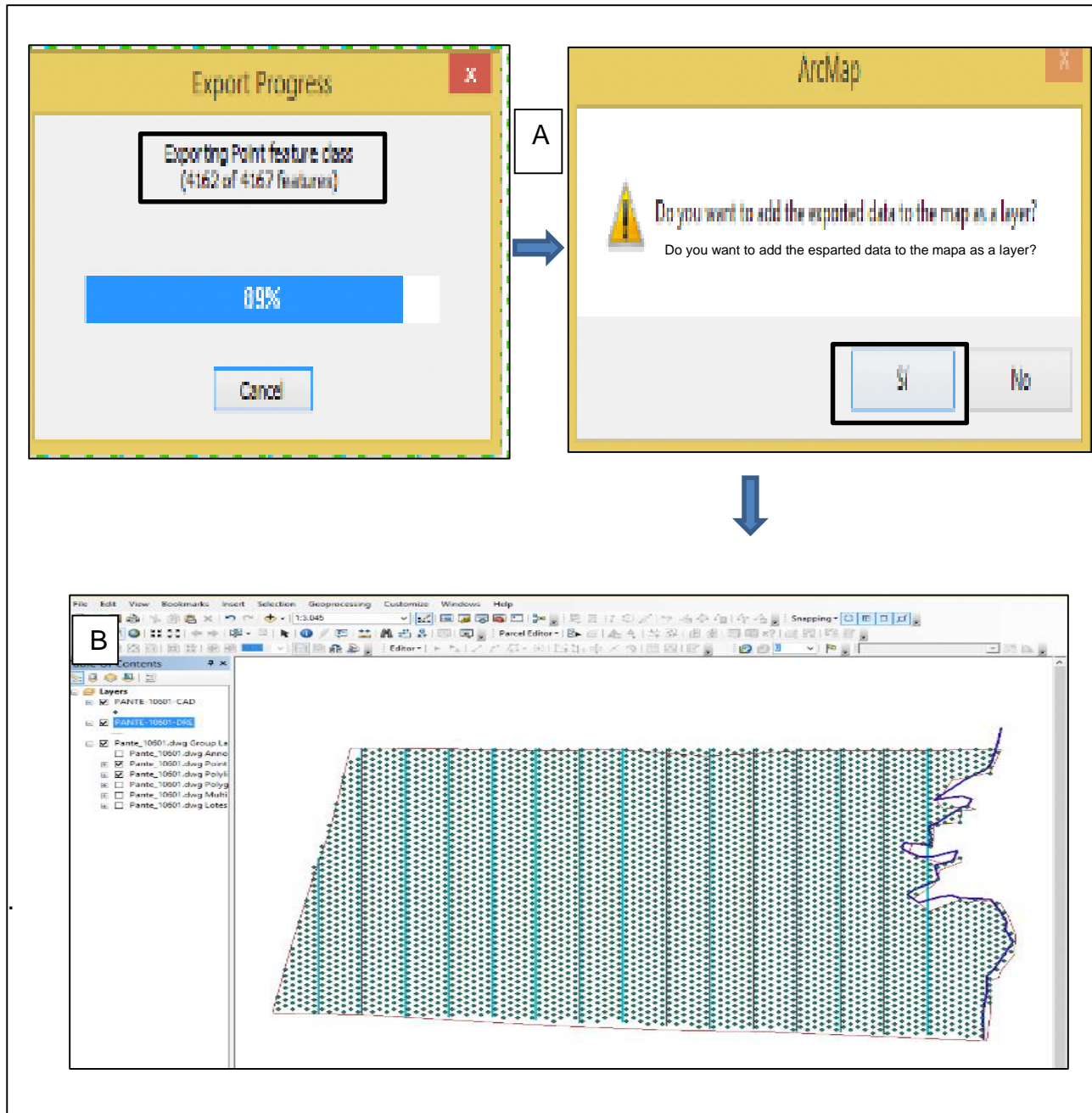
Paso 49: Seleccionado el archivo, se presiona la opción de menú (click derecho) se mostrara la ventana y se elegirá la opción DATA y EXPLORE DATA. (Figura 54 A), emerger una venta en donde nos indica el lugar que se guardará el archivo DWG POINT y POLIGONE con un doble click, (Figura 54 B) luego de haber elegido se guarda en la carpeta SHAPE que se encuentra en el disco C y click en SAVE (Figura 54 C).



Fuente: Elaboración propia, tomando del programa ArcGIS 10.1

Figura 54. Exportación de archivo hacia a la carpeta shape

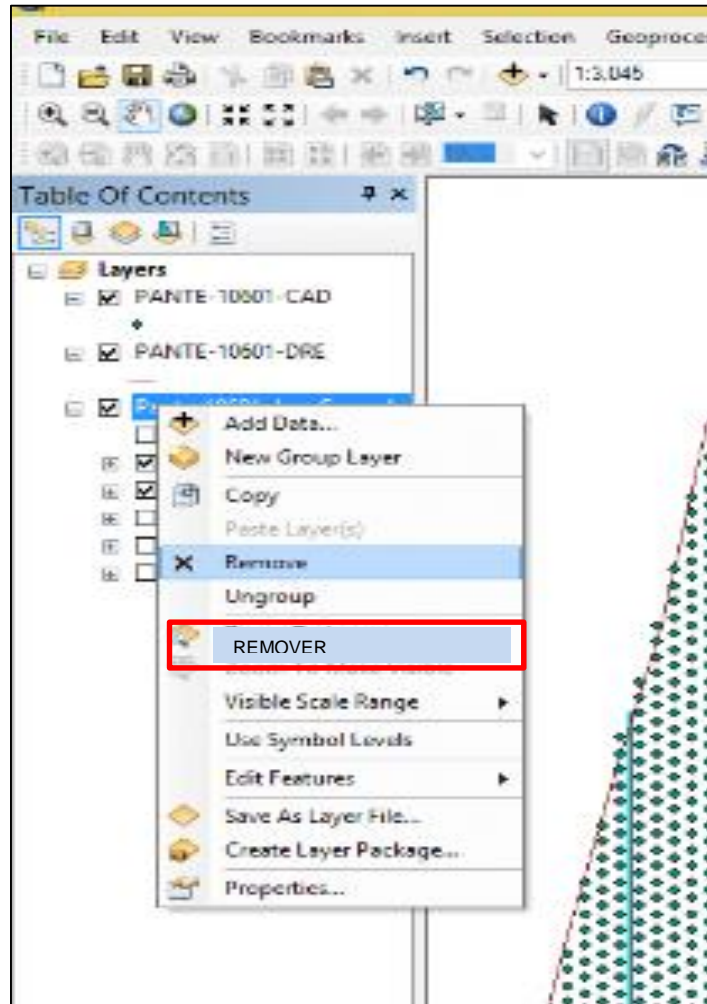
Paso 50: Guardado el archivo en la carpeta de SHAPE, mostrará la ventana indicando que se está exportando al 100%, se abrirá otra ventana preguntando si está seguro querer exportar y se presiona la opción de SI (Figura 55 A). Exportados ambos archivos, aparecerán únicamente el shape de punto y el polígono (Figura 55 B).



Fuente: Elaboración propia, tomando del programa ArcGIS 10.1

Figura 55 Archivos de shape de POINT y POLIGONE

Paso 51: Se eliminaron los shapes no deseados con un click derecho y elegir la opción Remove y únicamente se mantendrán los archivos DWG POINT y POLIGONE (Figura 56).



Fuente: Elaboración propia, tomando del programa ArcGIS 10.1

Figura 56. Remoción de los shape sin utilización

Paso 52: Se selecciona el Pante 10501 POINT, se despliega la barra de menú (click derecho) y aparecerán varias opciones, se elige la opción OPEN ATTRIBUTE TABLE (Figura 57 A). Emergerá una ventana con una serie de datos, y se debe de remover con click derecho las columnas no deseadas, únicamente permanecerá las columnas de FID, SHAPE y LAYER debido que no se puede eliminar por el programa (Figura 57 B).

A

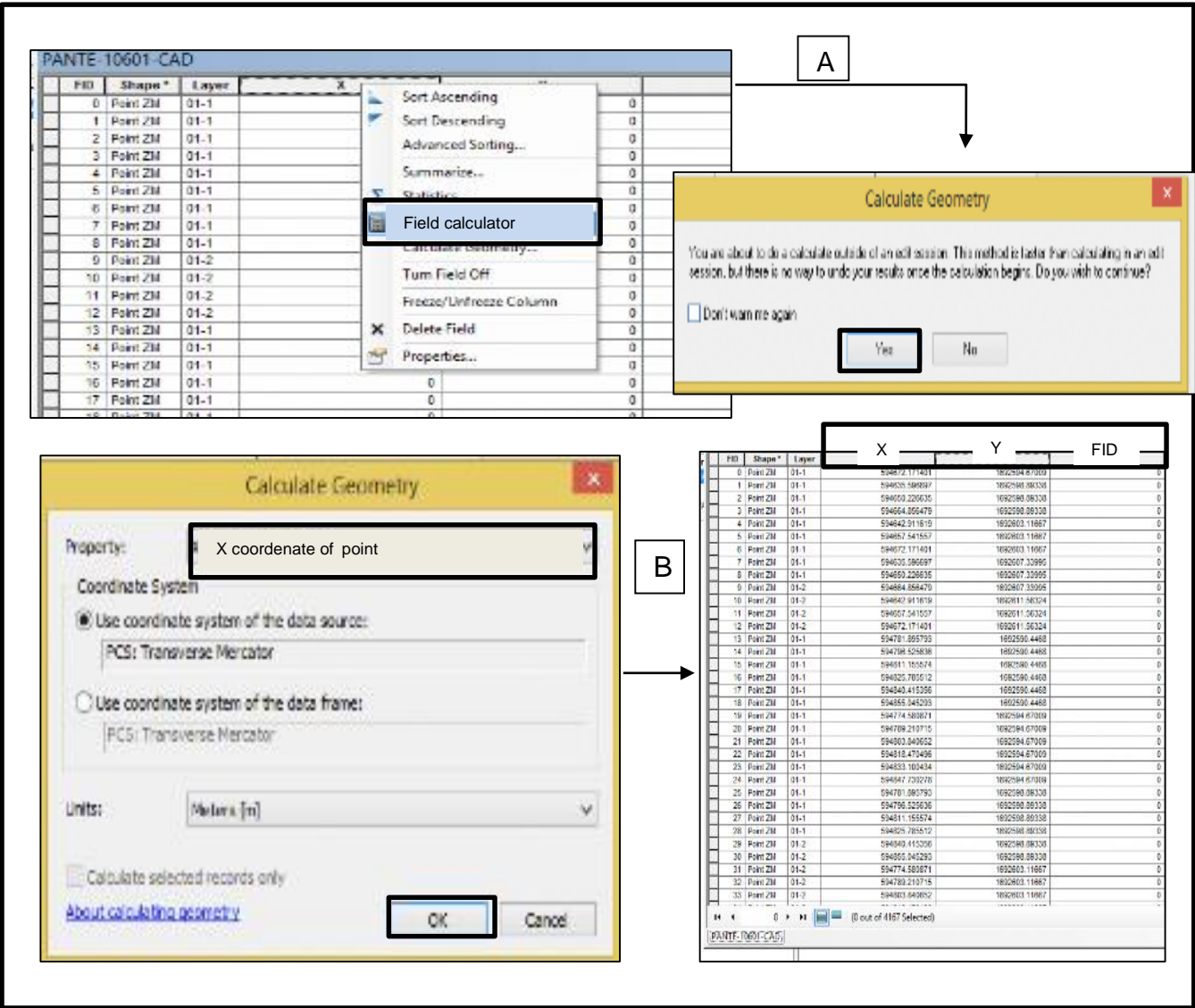
B

FID	Shape	FID	Entity	Layer	Color	Linetype	Elevation	LineZM	RefName
0	Point ZM	0	Point	01-1	80	Continuous	0	25	0
1	Point ZM	0	Point	01-1	80	Continuous	0	25	0
2	Point ZM	0	Point	01-1	80	Continuous	0	25	0
3	Point ZM	0	Point	01-1	80	Continuous	0	25	0
4	Point ZM	0	Point	01-1	80	Continuous	0	25	0
5	Point ZM	0	Point	01-1	80	Continuous	0	25	0
6	Point ZM	0	Point	01-1	80	Continuous	0	25	0
7	Point ZM	0	Point	01-1	80	Continuous	0	25	0
8	Point ZM	0	Point	01-1	80	Continuous	0	25	0
9	Point ZM	0	Point	01-2	10	Continuous	0	25	0
10	Point ZM	0	Point	01-2	10	Continuous	0	25	0
11	Point ZM	0	Point	01-2	10	Continuous	0	25	0
12	Point ZM	0	Point	01-2	10	Continuous	0	25	0
13	Point ZM	0	Point	01-1	80	Continuous	0	25	0
14	Point ZM	0	Point	01-1	80	Continuous	0	25	0
15	Point ZM	0	Point	01-1	80	Continuous	0	25	0
16	Point ZM	0	Point	01-1	80	Continuous	0	25	0
17	Point ZM	0	Point	01-1	80	Continuous	0	25	0
18	Point ZM	0	Point	01-1	80	Continuous	0	25	0
19	Point ZM	0	Point	01-1	80	Continuous	0	25	0
20	Point ZM	0	Point	01-1	80	Continuous	0	25	0
21	Point ZM	0	Point	01-1	80	Continuous	0	25	0
22	Point ZM	0	Point	01-1	80	Continuous	0	25	0
23	Point ZM	0	Point	01-1	80	Continuous	0	25	0
24	Point ZM	0	Point	01-1	80	Continuous	0	25	0
25	Point ZM	0	Point	01-1	80	Continuous	0	25	0
26	Point ZM	0	Point	01-1	80	Continuous	0	25	0
27	Point ZM	0	Point	01-1	80	Continuous	0	25	0
28	Point ZM	0	Point	01-1	80	Continuous	0	25	0
29	Point ZM	0	Point	01-2	10	Continuous	0	25	0
30	Point ZM	0	Point	01-2	10	Continuous	0	25	0
31	Point ZM	0	Point	01-2	10	Continuous	0	25	0
32	Point ZM	0	Point	01-2	10	Continuous	0	25	0
33	Point ZM	0	Point	01-2	10	Continuous	0	25	0

Fuente: Elaboración propia, tomando del programa ArcGIS 10.1

Figura 57 Tabla de atribuciones del lote seleccionado

Paso 53: Se transporta los datos del archivo DWG y se introduce a la columna X, Y, por medio de la barra de menú (click derecho), se mostrará la ventana eligiendo la opción CALCULATOR GEOMETRY, luego aparecerá otra ventana que indica si calcula las coordenadas y presionamos la opción YES (Figura 58 A). Luego de aceptar, aparecerá otra ventana, y se selecciona la opción PROPERTY, se elige la opción X COORDINATE OF POINT y OK. Para la columna Y se realiza el mismo procedimiento que se realizó con la columna X. Luego saldrá otra ventana con las coordenadas de X, Y (Figura 58 B).



Fuente: Elaboración propia, tomando del programa ArcGIS 10.1

Figura 58. Coordenadas x, y del lote correspondiente haciendo uso de la tabla de atributos.

Paso 54: Para la columna FID, click derecho se eligió la opción FIELD CALCULATOR (Figura 59 A). Se abrirá una ventana, con varias opciones, se elige FID1 y OK. Automáticamente la columna FID1 se observará números entero. Lo que se realizó en esta columna fue enumera cada punto o palmas que contenía el Shape de point (Figura 59 B).

The figure illustrates the process of creating a new field (FID1) in a table using the Field Calculator tool in ArcGIS 10.1. It is divided into two parts, A and B.

Part A: Shows a table with columns Shape*, Layer, X, and Y. A right-click context menu is open over the table, and the 'Field calculator' option is highlighted. The table data is as follows:

Shape*	Layer	X	Y
0 Point ZM	01-1	594872.171401	1892594.87009
1 Point ZM	01-1	594825.588897	1892588.88338
2 Point ZM	01-1	594850.226635	1892580.88338
3 Point ZM	01-1	594864.856478	1892580.88338
4 Point ZM	01-1	594842.911819	1892803.11867
5 Point ZM	01-1	594857.541557	1892803.11867
6 Point ZM	01-1	594872.171401	1892803.11867
7 Point ZM	01-1	594835.586697	1892507.33995
8 Point ZM	01-1	594850.226635	1892807.33995
9 Point ZM	01-2	594884.858479	1892807.33995
10 Point ZM	01-2	594842.911819	1892811.56324
11 Point ZM	01-2	594857.541557	1892811.56324
12 Point ZM	01-2	594872.171401	1892811.56324
13 Point ZM	01-1	594781.895793	1892590.4468
14 Point ZM	01-1	594798.525838	1892590.4468
15 Point ZM	01-1	594811.155574	1892580.4468
16 Point ZM	01-1	594825.705512	1892590.4468
17 Point ZM	01-1	594840.415396	1892590.4468
18 Point ZM	01-1	594855.045293	1892590.4468

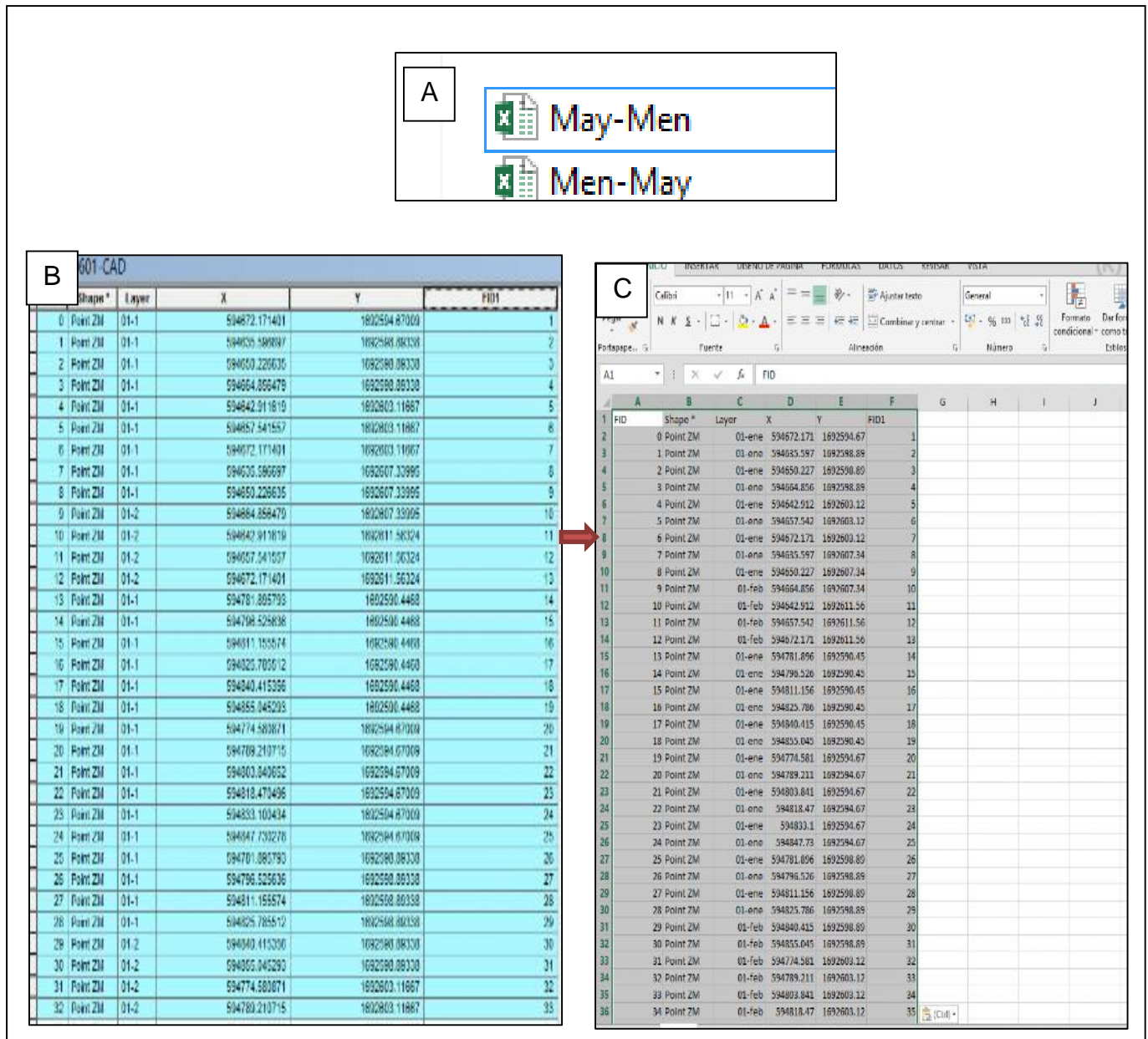
Part B: Shows the 'Field Calculator' dialog box. The 'Parser' is set to 'VB Script'. The 'Fields' list on the left includes 'FID1'. The 'Functions' list on the right includes 'Abs()', 'Atn()', 'Cos()', 'Exp()', 'Fix()', 'Int()', 'Log()', 'Sin()', 'Sqr()', and 'Tan()'. The 'FID1 =' field is empty. The 'Show Codeblock' checkbox is unchecked. The 'OK' button is highlighted. The resulting table shows the 'FID1' column populated with integers from 1 to 35, corresponding to the rows in the table above.

FID	Shape*	Layer	X	Y	FID1
0	Point ZM	01-1	594872.171401	1892594.87009	1
1	Point ZM	01-1	594825.588897	1892588.88338	2
2	Point ZM	01-1	594850.226635	1892580.88338	3
3	Point ZM	01-1	594864.856478	1892580.88338	4
4	Point ZM	01-1	594842.911819	1892803.11867	5
5	Point ZM	01-1	594857.541557	1892803.11867	6
6	Point ZM	01-1	594872.171401	1892803.11867	7
7	Point ZM	01-1	594835.586697	1892507.33995	8
8	Point ZM	01-1	594850.226635	1892807.33995	9
9	Point ZM	01-2	594884.858479	1892807.33995	10
10	Point ZM	01-2	594842.911819	1892811.56324	11
11	Point ZM	01-2	594857.541557	1892811.56324	12
12	Point ZM	01-2	594872.171401	1892811.56324	13
13	Point ZM	01-1	594781.895793	1892590.4468	14
14	Point ZM	01-1	594798.525838	1892590.4468	15
15	Point ZM	01-1	594811.155574	1892580.4468	16
16	Point ZM	01-1	594825.705512	1892590.4468	17
17	Point ZM	01-1	594840.415396	1892590.4468	18
18	Point ZM	01-1	594855.045293	1892590.4468	19
19	Point ZM	01-1	594774.588871	1892584.87009	20
20	Point ZM	01-1	594789.219715	1892584.87009	21
21	Point ZM	01-1	594803.849559	1892584.87009	22
22	Point ZM	01-1	594818.479406	1892584.87009	23
23	Point ZM	01-1	594833.109254	1892584.87009	24
24	Point ZM	01-1	594847.739101	1892584.87009	25
25	Point ZM	01-1	594781.885780	1892580.88338	26
26	Point ZM	01-1	594796.525636	1892580.88338	27
27	Point ZM	01-1	594811.155574	1892580.88338	28
28	Point ZM	01-1	594825.785512	1892580.88338	29
29	Point ZM	01-2	594840.415396	1892580.88338	30
30	Point ZM	01-2	594855.045293	1892580.88338	31
31	Point ZM	01-2	594774.588871	1892803.11867	32
32	Point ZM	01-2	594789.219715	1892803.11867	33
33	Point ZM	01-2	594803.849552	1892803.11867	34
34	Point ZM	01-2	594818.479406	1892803.11867	35

Fuente: Elaboración propia, tomando del programa ArcGIS 10.1

Figura 59. Columba FID enumera cada punto o palma del lote

Paso 55: En este paso, se tomó la decisión que formula usar en ArcGIS. Si el mapa se observa que los centro fruteros sus hileras inicia de izquierda a derecha es decir que en lado izquierda se encuentra la primera hilera se utiliza la fórmula de MEN A MAY, pero si el centro frutero sus hileras inicia de derecha a izquierda se utilizó la fórmula de MAY a MEN. (Figura 60 A). Se seleccionará la tabla que se encuentra en ArcGIS usando CTRL C, (Figura 60 B) se trasladó una hoja de EXCEL. Se eliminará las columnas FID, SHAPE y LAYER, únicamente se dejara las columnas X, Y, FID1 (Figura 60 C).



Fuente: Elaboración propia, tomando del programa ArcGIS 10.1

Figura 60. Selección de formula dependiendo de la dirección de los centros fruteros

Paso 56: Se agregaron dos columnas llamadas X1, Y1, se utiliza la formula =ENTERO para convertir las coordenadas en números enteros (Figura 61 A). Se eliminan las columnas X, Y, se mantuvieron las columnas X1, Y1, FID1. Se filtrará a las tres columnas, se seleccionó la columna Y, click derecho y ordenamos de MENOR A MAYOR, en la columna X se hará el mismo procedimiento (Figura 61 B).

A

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	X	Y	FID1	X1	Y1			
2	594672.171	1692594.67	1	=ENTERO				
3	594635.597	1692598.89	2					
4	594650.227	1692598.89	3					
5	594664.856	1692598.89	4					
6	594642.912	1692603.12	5					
7	594657.542	1692603.12	6					
8	594672.171	1692603.12	7					

B

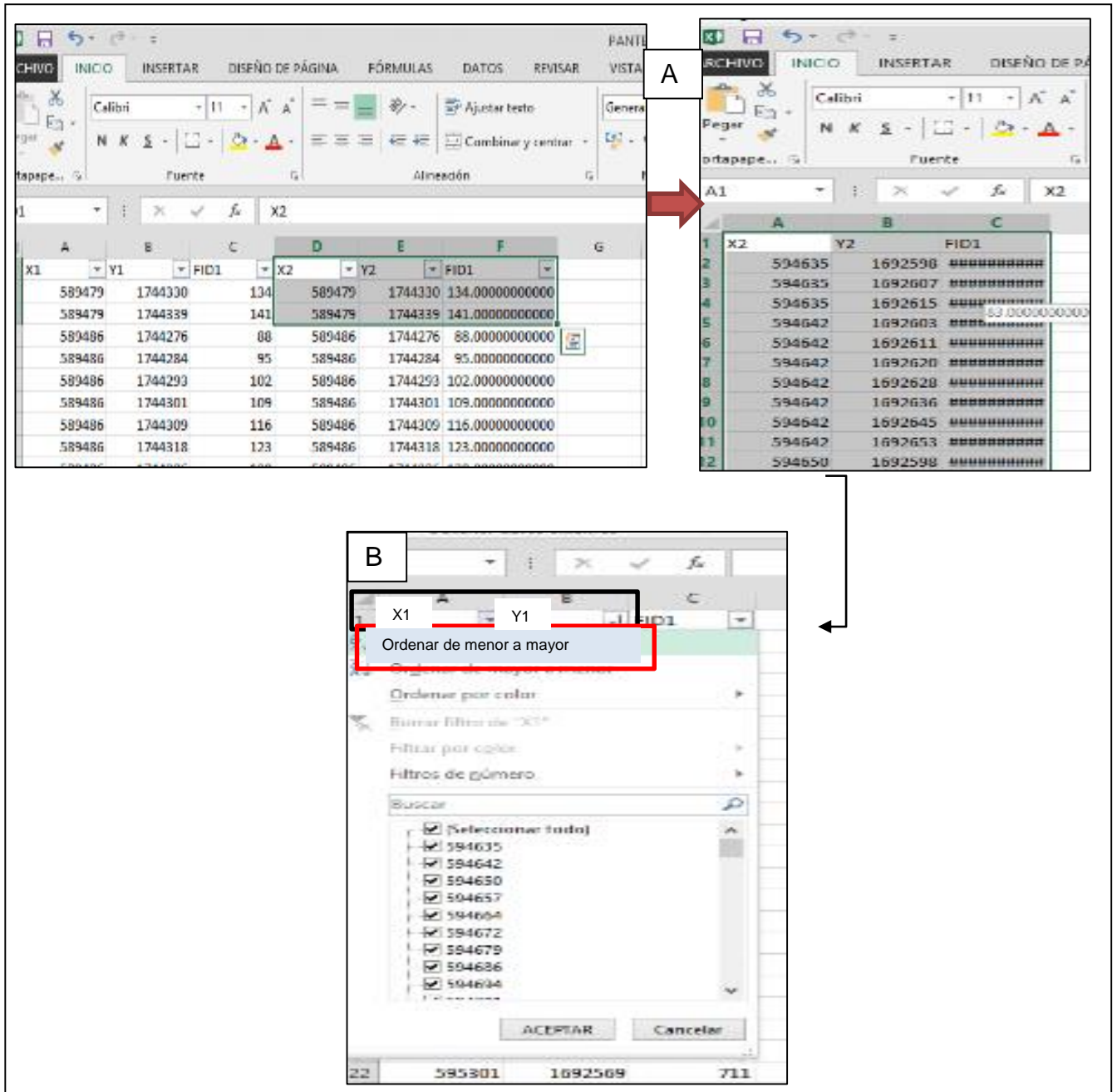
	A	B	C	D
1	X1	Y1	FID1	
2	594672	1692594	1	
3	594635	1692598	2	
4	594650	1692590	3	
5	594664	1692598	4	
6	594642	1692603	5	
7	594657	1692603	6	
8	594672	1692603	7	
9	594635	1692607	8	
10	594650	1692607	9	
11	594664	1692607	10	
12	594642	1692611	11	
13	594657	1692611	12	
14	594781	1692590	14	
15	594796	1692590	15	
16	594811	1692590	16	

Ordenar de menor a mayor

Fuente: Elaboración propia, tomando del programa ArcGIS 10.1

Figura 61. Convertir las coordenadas en número entero

Paso 57: Se utiliza la segunda fórmula que corresponde. Se selecciona el segundo paso de la formula y se traslada a la primera hoja de EXCEL donde se encuentra X1, Y1, FID1. Luego halamos la formula y se eliminaron las columnas X1, Y1, FID1 (Figura 62 A). Se filtrará las columnas X2, Y2, FID1, se seleccionará la columna Y2, click derecho y ordenamos de menor a mayor. El mismo procedimiento se hizo con la columna X2 (Figura 62 B).



Fuente: Elaboración propia, tomando del programa ArcGIS 10.1

Figura 62. Selección de la segunda fórmula para las coordenadas

Paso 58: Se elige la tercera formula, se traslada a otra hoja de Excel (**Nota:** es la misma hoja de Excel, que se utilizó cuando se trasladaron las primeras coordenadas que apporto el programa de ArcGIS.).En la formula se toma en cuenta desde LOTE HASTA NP (Figura 63).

The figure consists of two screenshots of an Excel spreadsheet. The top screenshot shows a table with the following columns: Y2, FID1, LOTE, REVISION, NO FILAS/CF, FILA, CF, PALMA, CODIFICACIÓN, P, CF, NH, NP. A red box highlights the first three columns (Y2, FID1, LOTE) in row 2. The bottom screenshot shows the same table with a red box highlighting the first three columns (Y2, FID1, LOTE) in row 2, and a blue box highlighting the first three columns (REVISION, NO FILAS/CF, FILA) in row 2. An arrow points from the top screenshot to the bottom one.

Y2	FID1	LOTE	REVISION	NO FILAS/CF	FILA	CF	PALMA	CODIFICACIÓN	P	CF	NH	NP
1744330	134.00000000000000	20301	1	8	1	1	1	P20301CF1NH1NP1				
1744339	141.00000000000000	20301	1	8	1	1	1	2 P20301CF1NH1NP2				
1744276	88.00000000000000	20301	1	8	2	1	1	1 P20301CF1NH2NP1				
1744284	95.00000000000000	20301	1	8	2	1	1	2 P20301CF1NH2NP2				
1744293	102.00000000000000	20301	1	8	2	1	1	3 P20301CF1NH2NP3				
1744301	109.00000000000000	20301	1	8	2	1	1	4 P20301CF1NH2NP4				
1744309	116.00000000000000	20301	1	8	2	1	1	5 P20301CF1NH2NP5				
1744318	123.00000000000000	20301	1	8	2	1	1	6 P20301CF1NH2NP6				

Y2	FID1	LOTE	REVISION	NO FILAS/CF	FILA	CF	PALMA	CODIFICACIÓN	P	CF	NH	NP
594635	1692598	2.00000000000000	20301	1	8	1	1	1 P20301CF1NH1NP1				
594635	1692607	8.00000000000000	20301	1	8	1	1	2 P20301CF1NH1NP2				
594635	1692615	83.00000000000000	20301	1								
594642	1692603	5.00000000000000	20301	1								
594642	1692611	11.00000000000000	20301	1								
594642	1692620	86.00000000000000	20301	1								
594642	1692628	91.00000000000000	20301	1								
594642	1692636	96.00000000000000	20301	1								
594642	1692645	101.00000000000000	20301	1								
594642	1692653	106.00000000000000	20301	1								
594650	1692598	3.00000000000000	20301	1								
594650	1692607	9.00000000000000	20301	1								
594650	1692615	84.00000000000000	20301	1								
594650	1692624	89.00000000000000	20301	1								
594650	1692632	94.00000000000000	20301	1								
594650	1692641	99.00000000000000	20301	1								
594650	1692649	104.00000000000000	20301	1								

Fuente: Elaboración propia, tomando del programa ArcGIS 10.1

Figura 63. Elección de la tercera fórmula para la codificación de las variables

NOTA: Como se puede observar se copió la formula donde se encontraba las coordenadas X2, Y2 FID1 ya corregidas.

Paso 59: En la tercera formula la única parte que se debe de modificar es REVISION donde toda la columna será 1, NO. DE FILAS, se tendrá que revisar en el mapa para verificar cuantas hileras contiene cada centro frutero, HILERAS, CF, PALMAS Y CODIFICACION automáticamente la formula lo realizará (ve figura 64).

Y2	FID1	LOTE	REVISION	NO FILAS/CF	FILA	CF	PALMA	CODIFICACIÓN
1744330	134.000000000000	20301	1	8	1	1	1	P20301CF1NH1NP1
1744339	141.000000000000	20301	1	8	1	1	1	P20301CF1NH1NP2
1744276	88.000000000000	20301	1	8	2	1	1	P20301CF1NH2NP1
1744284	95.000000000000	20301	1	8	2	1	1	P20301CF1NH2NP2
1744293	102.000000000000	20301	1	8	2	1	1	P20301CF1NH2NP3
1744301	109.000000000000	20301	1	8	2	1	1	P20301CF1NH2NP4
1744309	116.000000000000	20301	1	8	2	1	1	P20301CF1NH2NP5
1744318	123.000000000000	20301	1	8	2	1	1	P20301CF1NH2NP6

Fuente: Elaboración propia, tomando del programa ArcGIS 10.1

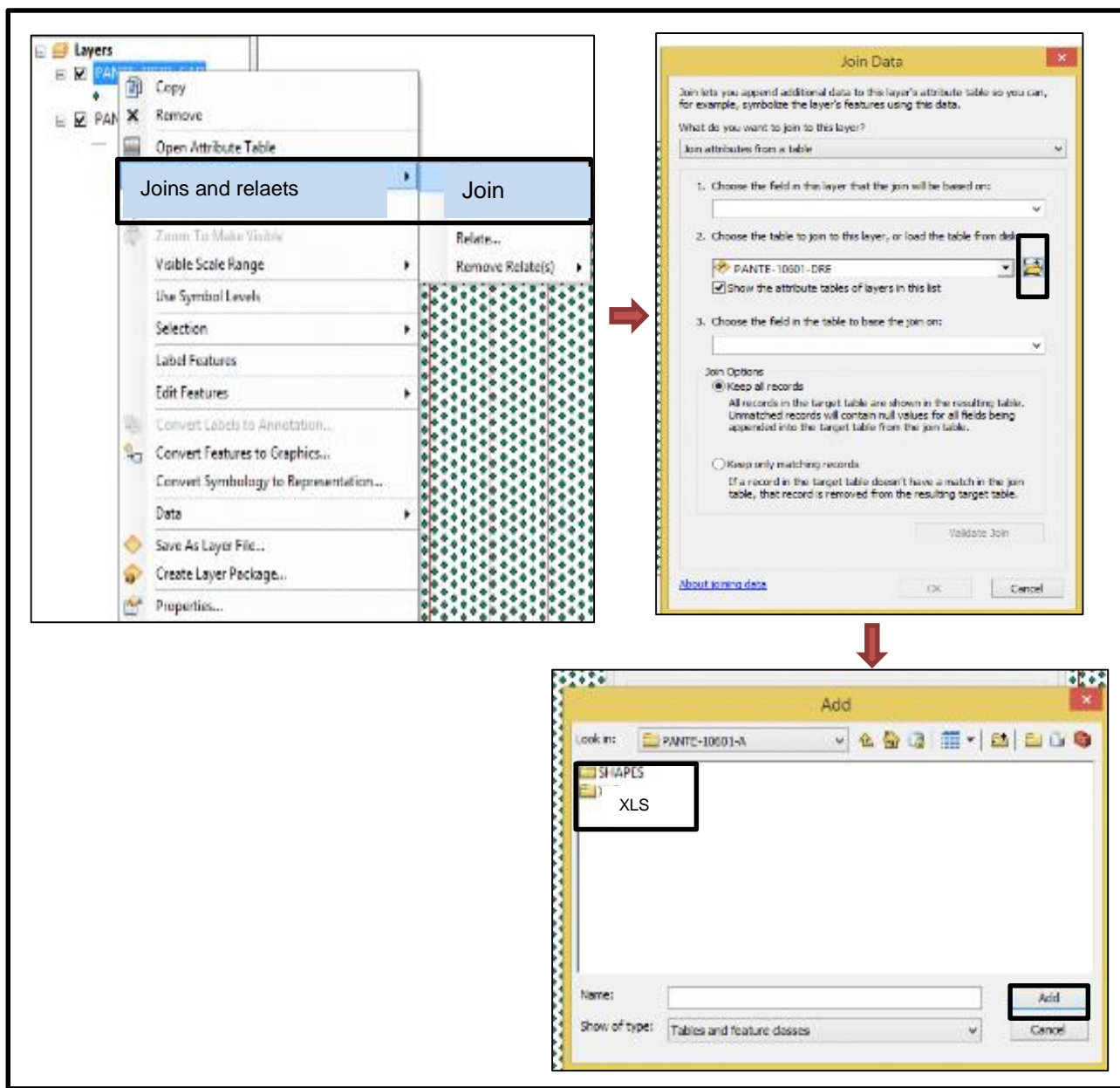
Figura 64. Tercer formula revelará la cantidad de palmas pro centros fruteros.

Paso 60: Obtenida la base de datos, en donde cada palma tendrá su propio código, se guardará en el disco C, en la carpeta XLS que se creó al inicio.

X2	Y2	FID1	LOTE	REVISION	NO FILAS/CF	FILA	CF	PALMA	CODIFICACIÓN
594635	1692598	2.000000000000	20301	1	6	1	1	1	P20301CF1NH1NP1
594635	1692607	8.000000000000	20301	1	6	1	1	2	P20301CF1NH1NP2
594635	1692615	83.000000000000	20301	1	6	1	1	3	P20301CF1NH1NP3
594642	1692603	5.000000000000	20301	1	6	2	1	1	P20301CF1NH2NP1
594642	1692611	11.000000000000	20301	1	6	2	1	2	P20301CF1NH2NP2
594642	1692620	86.000000000000	20301	1	6	2	1	3	P20301CF1NH2NP3
594642	1692628	91.000000000000	20301	1	6	2	1	4	P20301CF1NH2NP4
594642	1692636	96.000000000000	20301	1	6	2	1	5	P20301CF1NH2NP5
594642	1692645	101.000000000000	20301	1	6	2	1	6	P20301CF1NH2NP6
594642	1692653	106.000000000000	20301	1	6	2	1	7	P20301CF1NH2NP7
594650	1692598	3.000000000000	20301	1	6	3	1	1	P20301CF1NH3NP1
594650	1692607	9.000000000000	20301	1	6	3	1	2	P20301CF1NH3NP2
594650	1692615	84.000000000000	20301	1	6	3	1	3	P20301CF1NH3NP3
594650	1692624	89.000000000000	20301	1	6	3	1	4	P20301CF1NH3NP4
594650	1692632	94.000000000000	20301	1	6	3	1	5	P20301CF1NH3NP5
594650	1692641	99.000000000000	20301	1	6	3	1	6	P20301CF1NH3NP6
594650	1692649	104.000000000000	20301	1	6	3	1	7	P20301CF1NH3NP7
594650	1692658	109.000000000000	20301	1	6	3	1	8	P20301CF1NH3NP8
594650	1692666	113.000000000000	20301	1	6	3	1	9	P20301CF1NH3NP9

Figura 65. Guardar en la carpeta XLS la base de datos que se realizó en base a las formulas

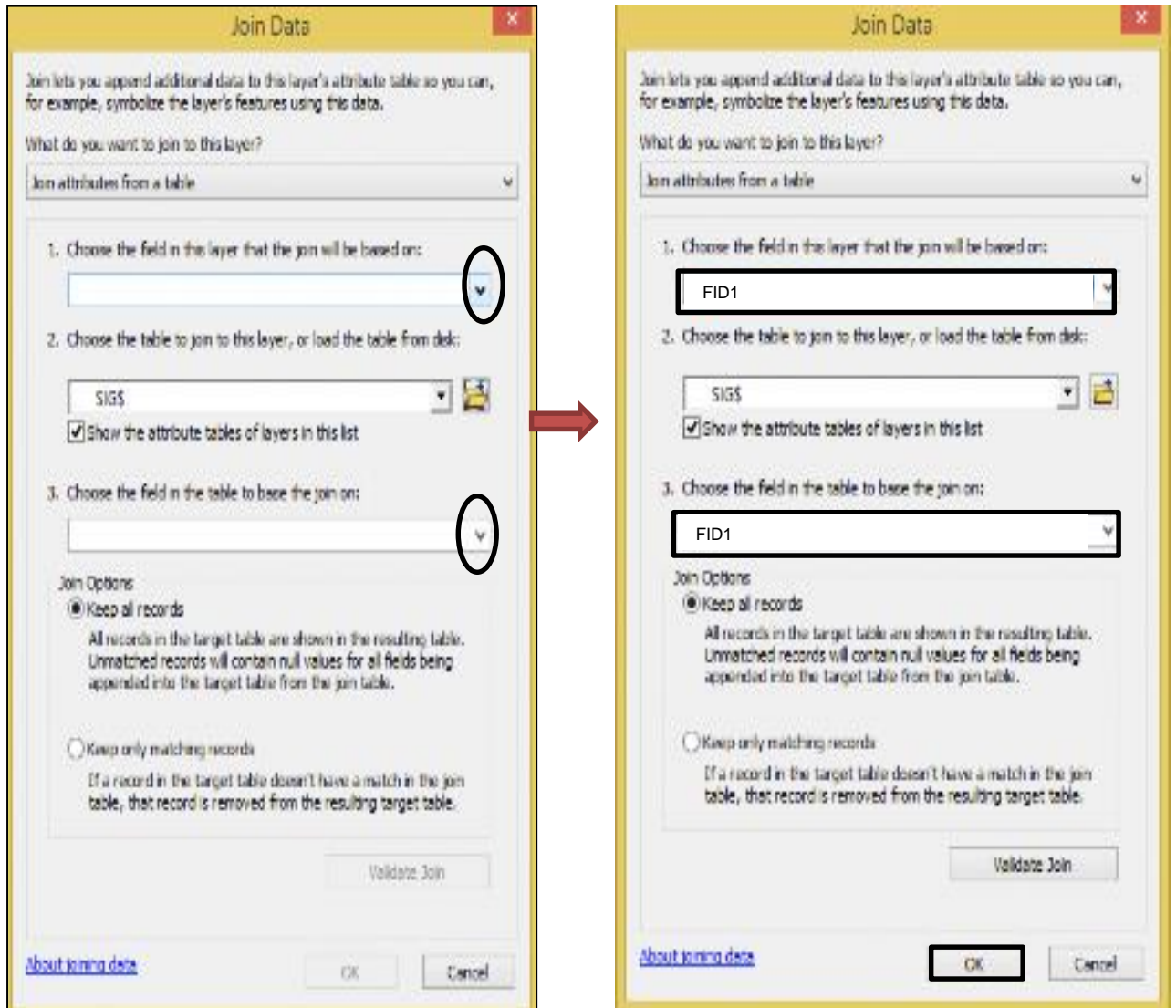
Paso 61: Se dirige nuevamente al programa de ArcGIS. En la parte de LAYERS, click derecho a pante 10501 POINT, donde mostrará varias opciones , eligiendo la opción JOINS AND RELAETS, se elige opción de JOIN con esta herramienta unirá la base de datos de Excel que se realizó anteriormente. Emergerá una ventana indicando que archivo necesita unirse, se selecciona la carpeta y automáticamente se dirigirá al disco C, en donde se encuentra las carpetas SHAPE y XLS, seleccionamos la carpeta XLS (base de datos) y presionamos ADD (Figura 66).



Fuente: Elaboración propia, tomando del programa ArcGIS 10.1

Figura 66. Unión de base datos con el programa ArcGIS

Paso 62: Surgirá otra ventana en donde nos indica si necesitamos unir más datos. Click en choose the field in the layer y choose the field in the table saldrá varias opciones y elegimos FID1 y OK (Figura 67).



Fuente: Elaboración propia, tomando del programa ArcGIS 10.1

Figura 67. La columna FID trasladará información a la tabla de atributos

Paso 63: Se dirige al programa ArcGIS. En la parte de LAYERS, se eligió el shape PANTE 10501 POINT, click derecho mostrando varias opciones y se elige OPEN ATTRIBUTE TABLE, automáticamente surgirá una tabla con la base de datos que se realizó con las fórmulas de EXCEL (Figura 68).

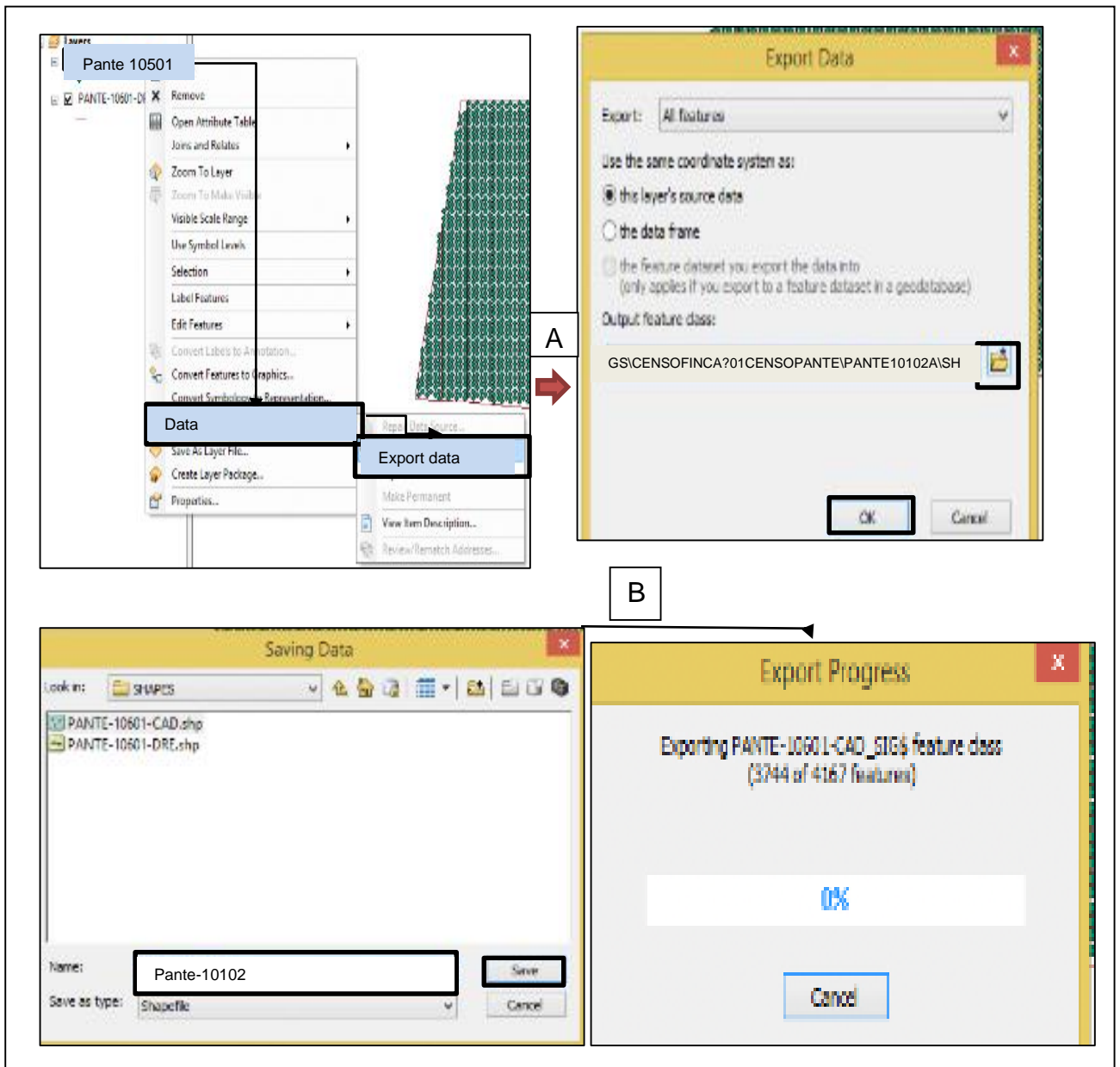
The screenshot shows the ArcGIS interface with the 'Layers' panel. The 'PANTE-10501' layer is selected, and the context menu is open, highlighting the 'Open attribute table' option. Below this, the attribute table for 'PANTE 10501 CAD' is displayed, showing a grid of data points with various attributes.

FID	Shape	Layer	X	Y	FID1	X2	Y2	FID1	LOTE	REVISOR DE ORDEN	BO FLASCP	FIA	CF	PALMA	CODIFICACION	
0	Point ZM	01-1	594872.171401	1692594.870359	1	59487	169259	1	20301		1	8	8	1	1	P20301CF1NH8NP1
1	Point ZM	01-1	594635.599687	1692598.893336	2	59463	169259	2	20301		1	8	1	1	1	P20301CF1NH1NP1
2	Point ZM	01-1	594650.226635	1692590.09330	3	59465	169259	3	20301		1	6	3	1	1	P20301CF1NH3NP1
3	Point ZM	01-1	594664.856479	1692590.09330	4	59466	169259	4	20301		1	6	5	1	1	P20301CF1NH5NP1
4	Point ZM	01-1	594842.911619	1692893.11867	5	59484	169289	5	20301		1	8	2	1	1	P20301CF1NH2NP1
5	Point ZM	01-1	594857.541557	1692893.11867	6	59485	169289	6	20301		1	8	4	1	1	P20301CF1NH4NP1
6	Point ZM	01-1	594872.171401	1692893.11867	7	59487	169289	7	20301		1	6	6	1	2	P20301CF1NH6NP2
7	Point ZM	01-1	594635.599687	1692697.33995	8	59463	169269	8	20301		1	6	1	1	2	P20301CF1NH1NP2
8	Point ZM	01-1	594650.226635	1692697.33995	9	59465	169269	9	20301		1	6	3	1	2	P20301CF1NH3NP2
9	Point ZM	01-2	594864.858479	1692897.33995	10	59486	169289	10	20301		1	8	5	1	2	P20301CF1NH5NP2
10	Point ZM	01-2	594842.911619	1692811.56324	11	59484	169281	11	20301		1	8	2	1	2	P20301CF1NH2NP2
11	Point ZM	01-2	594657.541557	1692611.56324	12	59465	169261	12	20301		1	6	4	1	2	P20301CF1NH4NP2
12	Point ZM	01-2	594672.171401	1692611.56324	13	59467	169261	13	20301		1	6	6	1	3	P20301CF1NH6NP3
13	Point ZM	01-1	594781.895793	1692593.4468	14	59478	169259	14	20301		1	8	3	4	1	P20301CF4NH3NP1
14	Point ZM	01-1	594796.525636	1692593.4468	15	59479	169259	15	20301		1	8	5	4	1	P20301CF4NH5NP1
15	Point ZM	01-1	594811.155574	1692593.4468	16	59481	169259	16	20301		1	6	1	5	1	P20301CF5NH1NP1
16	Point ZM	01-1	594825.785512	1692593.4468	17	59482	169259	17	20301		1	6	3	5	1	P20301CF5NH3NP1
17	Point ZM	01-1	594840.415366	1692593.4468	18	59484	169259	18	20301		1	6	5	5	1	P20301CF5NH5NP1
18	Point ZM	01-1	594855.045293	1692593.4468	19	59485	169259	19	20301		1	8	1	8	1	P20301CF6NH1NP1
19	Point ZM	01-1	594774.588671	1692594.870359	20	59477	169259	20	20301		1	8	2	4	1	P20301CF4NH2NP1
20	Point ZM	01-1	594788.210715	1692594.870359	21	59478	169259	21	20301		1	6	4	4	1	P20301CF4NH4NP1
21	Point ZM	01-1	594803.840652	1692594.870359	22	59480	169259	22	20301		1	6	6	4	1	P20301CF4NH6NP1
22	Point ZM	01-1	594818.470496	1692594.870359	23	59481	169259	23	20301		1	8	2	5	1	P20301CF5NH2NP1
23	Point ZM	01-1	594833.100434	1692594.870359	24	59483	169259	24	20301		1	8	4	5	1	P20301CF5NH4NP1
24	Point ZM	01-1	594847.730278	1692594.870359	25	59484	169259	25	20301		1	8	6	5	1	P20301CF5NH6NP1
25	Point ZM	01-1	594781.895793	1692590.09330	26	59478	169259	26	20301		1	6	3	4	2	P20301CF4NH3NP2
26	Point ZM	01-1	594796.525636	1692590.09330	27	59479	169259	27	20301		1	6	5	4	2	P20301CF4NH5NP2
27	Point ZM	01-1	594811.155574	1692598.893336	28	59481	169259	28	20301		1	8	1	5	2	P20301CF5NH1NP2
28	Point ZM	01-1	594825.785512	1692598.893336	29	59482	169259	29	20301		1	8	3	5	2	P20301CF5NH3NP2
29	Point ZM	01-2	594840.415366	1692590.09330	30	59484	169259	30	20301		1	6	5	5	2	P20301CF5NH5NP2
30	Point ZM	01-2	594855.045293	1692590.09330	31	59485	169259	31	20301		1	6	1	6	2	P20301CF6NH1NP2
31	Point ZM	01-2	594774.588671	1692893.11867	32	59477	169289	32	20301		1	8	2	4	2	P20301CF4NH2NP2
32	Point ZM	01-2	594788.210715	1692893.11867	33	59478	169289	33	20301		1	8	4	4	2	P20301CF4NH4NP2
33	Point ZM	01-2	594803.840652	1692893.11867	34	59480	169289	34	20301		1	8	6	4	2	P20301CF4NH6NP2

Fuente: Elaboración propia, tomando del programa ArcGIS 10.1

Figura 68. Base de datos que manejará para su actualización

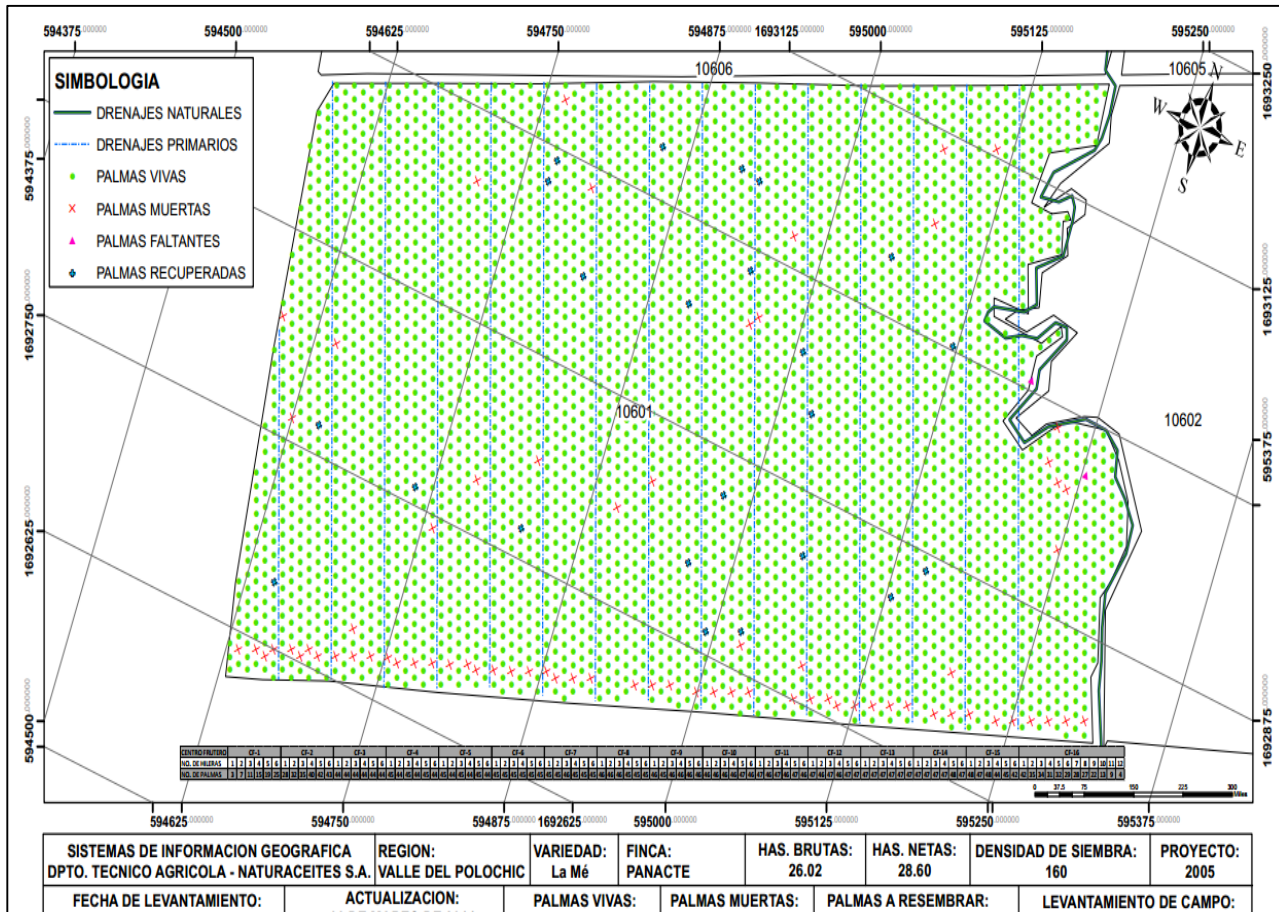
Paso 64: En la parte de LAYERS, se elige PANTE 10501 POINT, click derecho, y elegir la opción DATA, luego la opción EXPORT DATA, se mostrará una venta donde nos pregunta si deseamos guardar el SHAPE, se eligió el lugar y OK. (Figura 69 A). Se mostrará la ventana donde se guardará el shape. El archivo se guardará en el disco C, en la carpeta SHAPE, donde se guardará con el nombre PANTE 10501F, SAVE, surgirá otra ventana donde se observa la exportación de la información. (Figura 69 B).



Fuente: Elaboración propia, tomando del programa ArcGIS 10.1

Figura 69. Exportación de información que se guardara en el disco C

Paso 65: Como presentación final del mapa, tendrá información como la región que pertenece, variedad del lote, finca, área bruta y neta, densidad, y proyecto de la plantación. También se observará la cantidad de variables que se tomaron en campo, drenajes, calles y ríos (Figura 70).

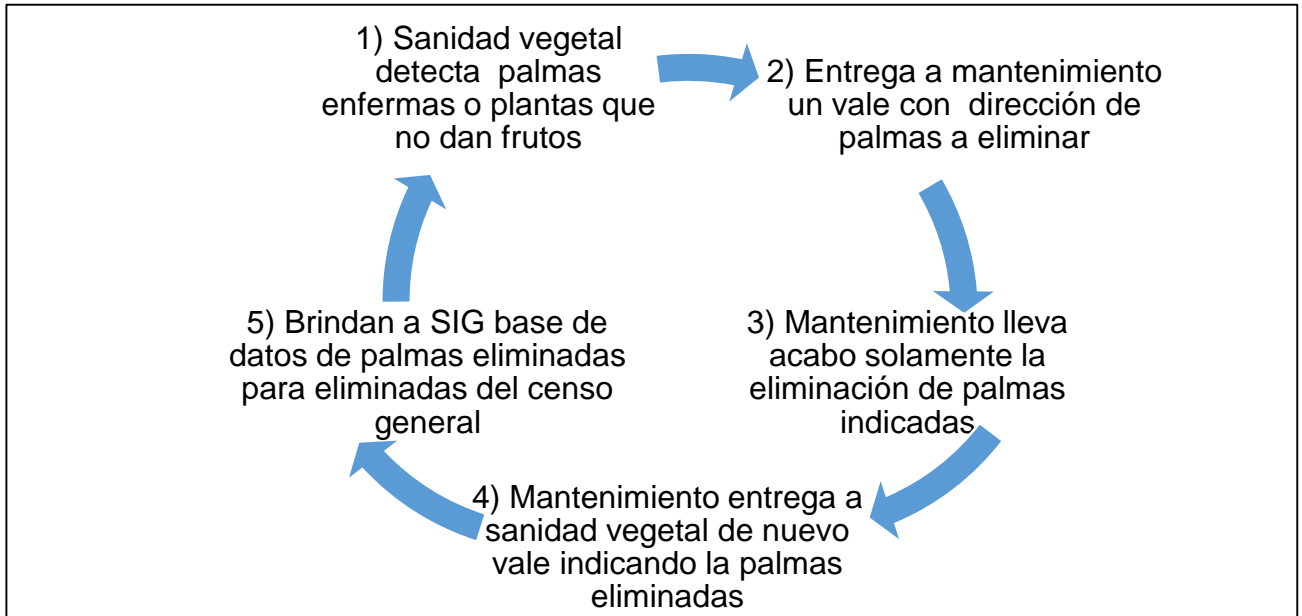


Fuente: Elaboración propia, tomando del programa ArcGIS 10.1

Figura 70. Presentación de mapa de variables estudiadas

2.7.3.3 Actualización de datos

La figura 71 indica el proceso de actualización de palmas eliminadas.



Fuente: Elaboración propia

Figura 71. Proceso de recolección de información en campo

Paso 1. En el área de sanidad vegetal serán los encargados en indicar que palmas se eliminarán independientemente cual sea la enfermedad.

Paso 2. Se entregará una boleta con la dirección de las palmas a eliminar.

Paso 3. Mantenimiento será responsable de eliminar las palmas y también son responsables de realizar cirugía para las palmas en recuperación.

Paso 4. Mantenimiento entregará al área de sanidad vegetal un vale indicando que palmas eliminaron.

En cuanto la localización, se utilizó una ortofoto para georeferenciar cada palma, este proceso se realizó en el programa de AutoCAD. Los mapas temáticos nos aportará la ubicación de cada palma, utilizando capas (LAYER) con su respectivo color para su fácil interpretación y ubicación.

Con la base de datos generado en el programa de ArcGIS, es una herramienta para estimar la cantidad de fertilizante a aplicar en un pante en base al número de palmas, y evitar que sobre o falte.

El manual servirá como guía para la implementación del censo de las dos regiones de la empresa NaturAceites, también se utilizará como constancia para futuras certificaciones que aplicará la empresa debida a que las certificaciones solicitan documentación de las actividades que realiza la empresa.

2.8 CONCLUSIONES

1. En la actualidad se censo 98,135 palmas en la finca Yalcobé en donde 99.07% son palmas vivas, 0.27% son palmas muertas aún no se conoce la causa ya que puede morir por anillo rojo o por pudriciones humedad o secas, 0.56 has son áreas sin palma por motivos de anegamiento o por eliminación de palmas y 0.13 has son palmas en recuperación. La variedad Ghana es las que más palmas eliminadas tiene y no se conoce que enfermedad lo causo.

2. Se realizaron cuatro mapas temáticos. En el programa AutoCAD se realizó un mapa con las variables (palmas vivas, muertas, recuperación y palmas faltantes), mapa de drenajes y de caminos. En cuanto al programa ArcGIS se realizó un mapa indicando la siguiente información: región que pertenece, variedad del lote, finca, área bruta, área neta, densidad, y proyecto de la plantación y se estará actualizando las variables (palmas vivas, muertas, recuperación y palmas faltantes) por medio del área de sanidad vegetal y mantenimiento.

3. El objetivo de la elaboración del manual radica principalmente para futuras certificaciones que aplicará la empresa, también se usará como guía del proceso de readecuación y registro de información para las dos regiones de la empresa NaturAceites

2.9 RECOMENDACIONES

1. Haciendo uso del censo se puede utilizar para identificar las diferentes palmas que presenten alguna enfermedad, ataque de plagas o deficiencia nutricional, ya que estos problemas se reportan mensualmente a través de monitoreo esta información serviría para actualizar los datos, con el objetivo de que al estar plasmada esta información en la base de datos se tenga un mejor control y facilite la identificación de las palmas afectadas de una manera más rápida.
2. En el área de SIG realizan mapas de niveles freáticos en donde puede influenciar en la sanidad de las plantaciones y observar que áreas se encuentra en anegamiento.
3. El manual se espera como herramienta para toma de decisión y se pueda replicar en proyectos de agricultura de precisión de Palma Africana, considerando las variables de cada región estudiada.

2.10 BIBLIOGRAFÍA

- 1 ArcGIS.com 2014a. ArcGIS Resources. US. Consultado 26 mar 2014. Disponible en <http://resources.arcgis.com/es/help/gettingstarted/articles/026n00000014000000.htm>
- 2 ArcGIS.com. 2014b. Mapas temáticos de ArcGIS. US. Consultado 26 mar 2014. Disponible en <http://resources.arcgis.com/es/help/gettingstarted/articles/026n00000014000000.htm>
- 3 Espinosa, J; Mite, F. 2005. Estado actual y futura de la nutrición y fertilización del banano. Quevedo, Ecuador, Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Estación Exp. Tropical Pichilingue, Informaciones Agronómicas no. 48:8-9.
- 4 González, R. 2000. Diseño y sistematización de plantaciones de palma de aceite africana. *Palmas* 21(2):265-269.
- 5 InformáticaHoy.com. 2009. Qué es AutoCAD (en línea). Argentina. Consultado 26 mar 2014. Disponible en <http://www.informatica-hoy.com.ar/software-diseno-grafico/Que-es-Autocad.php>
- 6 Langlé Campos, R. 2010. ¿Qué es un SIG? (en línea). México, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, Sistemas de Información Geográfica, Laboratorio Pacífico Sur. Consultada 26 mar 2014. Disponible en: <http://langleruben.wordpress.com/%C2%BFque-es-un-sig>
- 7 Lazarazo Salcedo, I; Alfonso Carvajal, A. 2011. Aplicaciones de la agricultura de precisión en palma de aceite “*Elaeis guineensis*” e híbrido O x G. *Revista de Ingeniería, Universidad de los Andes* no. 33:125-126.
- 8 MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgo –UPGGR-, GT). 2007. Diagnóstico de la franja transversal del norte y definición de líneas estratégica de acción del MAGA. Guatemala. p. 5-9.
- 9 Mejía, L. 2006. Cultivo de la palma africana guía técnica (en línea). Managua, Nicaragua, IICA. P 12-14. Consultado 25 de Mayo 2014. Disponible en: <http://www.galeon.com/subproductospalma/guiapalma.pdf>.
- 10 Naturaceites. 2014a. Base de datos de densidad de las plantaciones de la finca Yalcobé, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, Guatemala, Naturaceites, Departamento Técnico Agrícola, Área de SIG.

- 11 Naturaceites. 2014b. Base de datos de plantillas de densidad de la finca Yalcobé, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, Guatemala, Naturaceites, Departamento Técnico Agrícola, Área de SIG.
- 12 Naturaceites. 2014c. Mapa de días de ciclo de cosecha de la finca Yalcobé, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, Guatemala, Naturaceites, Departamento Técnico Agrícola, Área de SIG.
- 13 Ruperto, Z. 2005. Manual técnico para el cultivo de palma aceitera. Perú, Comisión Nacional para el Desarrollo y Vida sin Drogas –DEVIDA- / Proyecto de Desarrollo Alternativo Tocache-Uchiza –PRODATU-. p. 55-60.
- 14 RUV (Registro Único de Vivienda, MX). 2014. Procedimiento para realizar una conexión al servicio de imágenes de INEGI (orto fotos) (en línea). México, RB. 11 p. Consultado 26 mar 2014. Disponible en http://www.ruv.org.mx/PortalMiCasa/doctos/GUIAS/Manual_Conexion_WMS.pdf
- 15 Sandoval, A. 2011. Paquete tecnológico de palma de aceite “Elaeisguineensis” establecimiento y mantenimiento. México, Programa Estratégico para el Desarrollo Rural Sustentable de la Región Sur – Sur Este de México. p. 5.
- 16 Tobías, H; Lira, IE. 2000. Primera aproximación al mapa de clasificación taxonómica de los suelos de la república de Guatemala, a escala 1:250,000. Guatemala, MAGA. 44 p.

2.11 ANEXOS: Glosario de términos utilizados

Centro frutero (CF): Calles ubicadas a lo largo de los pantes, diseñadas a cada 4 hileras, en donde tienen acceso tractores o bueyes para la evacuación de la fruta u otras actividades de manejo.

Poli línea (PL): Este comando nos permite trazar rectas y arcos en forma seguida o alternada, pero con la característica que se constituyen en un solo trazo.

Layer (capa): Es un concepto creado por AUTOCAD para agrupar objetos de forma que se pueda controlar su visualización conjunta o por separado, y asociarles unos determinados valores de color, tipo de línea, estilo de trazado.

Overkill: Este comando se utiliza para borrar líneas o puntos montados en los archivos de AutoCAD.

Mapiinsert: Este comando indica insertar mapas u otras fotos en los archivos de AutoCAD.

Pastoril: Este comando tiene como función de pegar automáticamente el polígono en un ortofoto

Rotate: Este comando tiene como función gira objetos seleccionados, especificando punto base de rotación y ángulo de referencia.

List: Este comando tiene como función que aparecerán las propiedades en una ventana aparte de la ventana de AutoCAD dando toda la información del objeto tales como coordenadas.

Add data: Esta función añade nuevos datos al mapa.

Add: añadir datos.

DWG: Es un formato de archivo informático de dibujo computarizado, utilizado principalmente por el programa AutoCAD, producto de la compañía AutoDesk.

XLS: Microsoft Excel es una aplicación distribuida por Microsoft Office para hojas de cálculo.

Shape: Es un formato de archivo informático propietario de datos espaciales desarrollado por la compañía ESRI, quien crea y comercializa software para Sistemas de Información Geográfica como Arc/Info o ArcGIS.

Join: Permite unir dos tablas por medio de un identificativo común (ID), los datos de ambas tablas se anexan por el ID, dando la posibilidad de representar espacialmente datos externos, el Join de la presente entrada se explica usando la aplicación ArcMap 10 de ArcGIS.

CAPÍTULO III

**SERVICIOS PRESTADOS EN EL DEPARTAMENTO TÉCNICO AGRÍCOLA DE LA
EMPRESA NATURACEITES S.A. UBICADA EN FINCA YALCOBÉ, FRAY BARTOLOMÉ
DE LAS CASAS, ALTA VERAPAZ.**

3.1 PRESENTACIÓN

NaturAceites S.A., es una empresa productora de aceite de palma africana, la cual cuenta actualmente con 16 fincas ubicadas en tres regiones diferentes, siendo estas: El Polochic, Franja Transversal del Norte y San Luis Peten. Para el desarrollo del proceso de producción de éste cultivo la empresa cuenta con varias áreas de las cuales se menciona el de Sistema de Información Geográfica (SIG) y su importancia radica en el análisis de información o datos recolectados en campo para representarlas espacialmente como mapas, gráficos y con ello la tomar decisiones y el mejoramiento de los procesos de producción. Cabe mencionar que ésta área está ubicada en la región de la Franja Transversal del Norte en la finca Yalcobé, mima cuenta con una extensión territorial de 633.9 ha.

Como parte del Ejercicio Profesional Supervisado –EPSA- se realizaron tres servicios dentro de la empresa en mención las cuales fueron: el primer servició consistió en la generación de información de las posiciones actuales de las palmas en la finca Yalcobé con el fin de generar un plano donde se muestran la cantidad de palmas existentes en un pante o finca y con ello observar el número de palmas muertas, áreas sin palma que podrían ser o no utilizados dependiendo de las condiciones de suelo. El segundo servicio fue la elaboración de mapas temáticos de la posición de palmas afectadas por la enfermedad de Pudrición de Cogollo (PC). Y el tercer servicio fue la elaboración de un manual de monitoreo de pozos de observación de nivel freático implementando el SIG.

3.2 ÁREA DE INFLUENCIA

Los servicios se realizaron en el área de SIG del Departamento técnico agrícola de la empresa productora de aceite de palma NaturAceites S.A., en la finca Yalcobé, que se encuentra ubicada en Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, la ubicación geográfica su altitud es de 146.34 metros sobre el nivel del mar, con una extensión territorial de 633.9 ha.

3.3 OBJETIVO GENERAL

Apoyar al departamento técnico agrícola de la finca Yalcobé por medio de servicios en el área de Sistema de información geográfica –SIG-

3.4 SERVICIOS PRESTADOS

3.4.1 Actualización de la situación de las condiciones actuales de la plantación de la finca Yalcobé.

3.4.1.1 Definición del problema

El programa de AutoCAD, permite dar forma y posición actual de la distribución del cultivo de palma en los distintos pantes y fincas de una manera más precisa. Al observar de manera gráfica la posición actual de la palmas cultivadas en los distintos pantes de la finca Yalcobé NaturAceites, permitió generar información y con ello conocer la cantidad de palmas existentes en una pante o en una finca, además permitió observar el número de palmas muertas, área sin palma que podrían ser o no utilizados dependiendo de las condiciones de suelo.

Uno de los mayores problemas que se presentó en el proceso de digitalización de la información de campo usando el programa AutoCAD fue el no dibujar adecuadamente los

drenajes y no tomar en cuenta algunas palmas que se encuentra dibujadas en el mapa. Este problema perjudicó al no ajustarse en la ortofoto. Otro problema fue en no tomar en cuenta la variedad que se maneja en el pante, tomando por equivocación la plantillas de puntos que representa la densidad en la cual se sembró la plantación en el campo.

3.4.1.2 Objetivos Específicos:

- A. Cuantificar el número de palmas vivas en los diferentes pantes y el área que representan en la finca Yalcobé.
- B. Delimitar las áreas donde no es factible establecer el cultivo de palma.
- C. Conocer la cantidad de palmas muertas existentes en los pantes.

3.4.1.3 Metodología

A. Identificación de pantes

Consistió en realizar comparaciones de la forma de los lotes para poder plasmar los formatos realizados por el personal de campo y en base a la información recopilada de cada finca. También se consideró la variedad que se maneja, generada a través de la información que utiliza el área de SIG.

B. Creación de plantillas de puntos

Para la digitalización de los lotes fue necesario crear plantillas de puntos las cuales representan la densidad de siembra de la palma y que dependen de la variedad establecida.

C. Uso del programa de AutoCAD para la digitalización de mapas

Para lo cual se efectuaron los pasos siguientes:

Se trasladó de información contenida en un mapa de un lote generado en campo a un sistema computarizado, mediante el uso de plantillas de puntos del número de plantas (una plantilla varía con respecto a la variedad establecida).

Se trazó la forma del lote de acuerdo en la forma plasmada en el mapa de campo.

Se eliminaron los excesos de puntos.

Se realizaron capas para la identificación de las variables evaluadas.

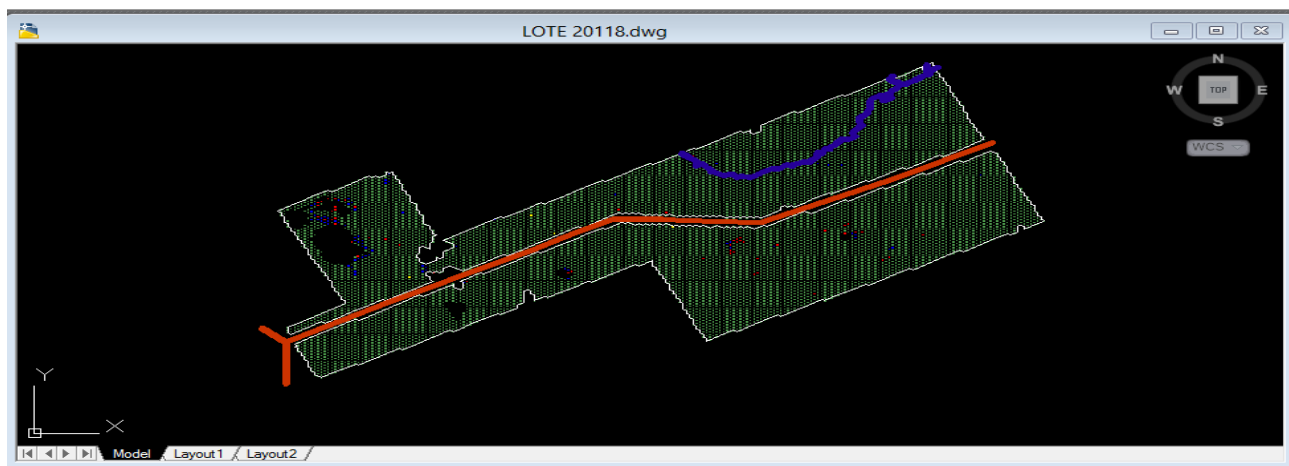
Cuadro 12. Codificación de Palmas a nivel de Campo y en forma Digitalizada

Representación en Mapa hecho en Campo		Representación en Mapa Digital	
Palmas vivas	O	Palmas vivas	Color verde
Palmas muertas	X	Palmas muertas	Color rojo
Palmas recuperadas	R	Palmas recuperadas	Color amarillo
Área sin palma	Δ	Área sin palma	Color azul

3.4.1.4 Evaluación.

- A. Se trazaron veinte lotes de la finca Yalcobé que se generó en campo plasmado en un sistema computarizado mediante el uso de plantillas de puntos, identificando las variables en el mapa digital basado en el mapa elaborado por el personal de campo. Se crearon capas (layer) identificadas con colores diferentes para cada variable.
- B. En la actualidad existe 97,207 palmas vivas, 253 palmas muertas, 528 áreas sin palma y 135 palmas en recuperación en la finca Yalcobé.

3.4.1.5 Constancias



Fuente: Elaboración propia

Figura 73. Digitación del lote 20118 de la finca Yalcobé

3.4.2 Realización de mapas temáticos de la posición de palmas afectadas por la enfermedad de Pudrición de Cogollo (PC) en la finca Yalcobé

3.4.2.1 Definición del problema

La pudrición de cogollo (PC) es una enfermedad que afecta a la palma africana, dicha enfermedad es responsable de pérdidas de plantaciones por lo que es considerada como la enfermedad más importante en las zonas productoras de palma africana, debido a que se cultiva en zonas tropicales con mucha precipitación y altas temperaturas, lo que crea un ambiente propicio para el desarrollo de dicha enfermedad.

El agente causal permaneció desconocido por cerca de un siglo, pero las investigaciones recientes de Cenipalma permitieron identificar al patógeno *Phytophthora palmivora* Butl., como el responsable de iniciar dicho proceso infeccioso.

Para realizar un adecuado monitoreo de la pudrición de cogollo en el cultivo de Palma Africana (*Elaeisguineensis* Jacq.) es necesario poseer experiencia y conocimiento que permita identificar las palmas que se encuentra afectadas por dicha enfermedad. Debido a

lo anterior se dificulta la identificación temprana de las palmas afectas lo cual ocasiona que el grado de severidad de la enfermedad aumente provocando de este modo la reducción del número de palmas en producción, repercutiendo esto en la reducción del rendimiento del cultivo.

3.4.2.2 Objetivos específicos

- A. Determinar el número de palmas con pudrición de cogollo presentes en los diferentes pantes por medio de mapas temáticos en la finca Yalcobé
- B. Identificar el pante con la mayor incidencia de pudrición de cogollo y el porcentaje que representa del total de palmas identificadas.

3.4.2.3 Metodología

A. Identificación de pantes para el monitoreo de PC

Se monitoreó la presencia de pudrición de cogollo que afecta la plantación en la finca Yalcobé.

El área de Sanidad Vegetal realizan un monitoreo por etapas, los primeros 15 días revisan los pantes con números impares y en la segunda vuelta se trabajan los pantes con números pares.

B. Recorrido dentro de los pantes

Se realizó el recorrido dentro de las hileras del pante. El recorrido consistió en posicionarse en el espacio entre la segunda y tercera hilera con el objetivo efectuar el monitoreo de un centro frutero.

El centro frutero está compuesto por 4 hileras. Esta actividad se realizó de la misma manera en todos los centros fruteros.

El posicionamiento para monitorear se hizo según conveniencia y la visibilidad que se tuvo de las palmas, todos los datos fueron anotando en una libreta de campo, en la cual se identifica el número de pante, número de centro frutero, número de hilera y número de palma, lo cual fue útil para localizar las palmas enfermas.

C. Georefenciación de palmas enfermas

Se realizó el recorrido dentro del centro frutero para identificar las plantas afectadas por pudrición de cogollo, se procedió a identificar las palmas con nylon de color celeste para luego geo referenciarla con GPS. Esta información se proporcionó al área de SIG.

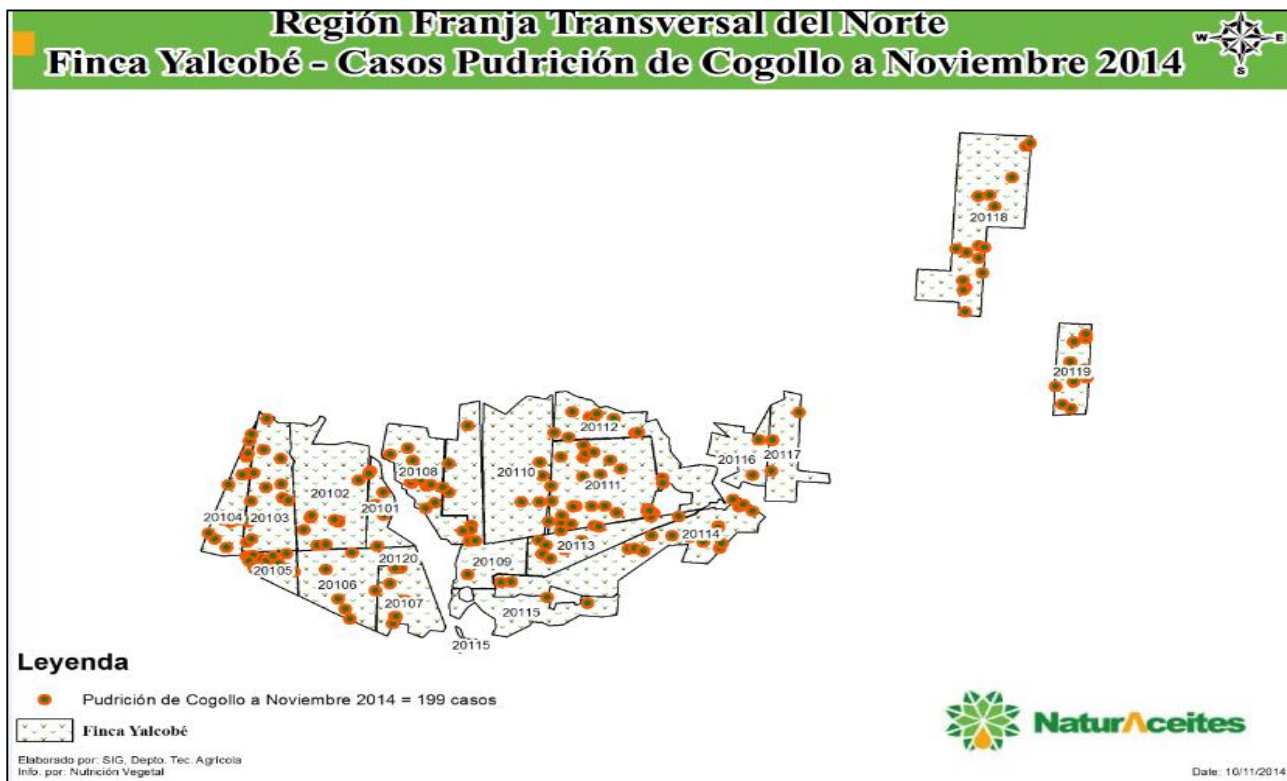
D. Elaboración de mapas temáticos

Georefenciada las palmas afectadas, se recopilaron los datos tomados con GPS, se procedió a realizar el análisis espacial por medio del programa ArcGIS.

3.4.2.4 Evaluación

- A. En la finca Yalcobé con una extensión de 633.9 ha, se localizaron 199 palmas afectadas por PC. El lote con mayor incidencia fue el lote 20111 con un 22%. Como medida se reporta al área de mantenimiento debido a que son responsables en realizar cirugías a las palmas afectadas.

3.4.2.5 Constancias



Fuente: Elaboración propia

Figura 74. Mapa de incidencia de pudrición de cogollo en la finca Yalcobé

3.4.3 Manual de implementación de SIG en la lectura de niveles freáticos de pozos de la finca Yalcobé

3.4.3.1 Definición del problema

En los monitoreo de pozo de verificación de niveles freáticos establecidos en los diferentes pantes de producción de palma africana pertenecientes a la empresa Naturaceites es necesario poseer un manual que indique el procedimiento que debe llevarse para dicha actividad. Esto garantiza que la información presentada al área de SIG sea de utilidad y uniforme, permitiendo que el análisis de la misma sea más preciso

SIG, utiliza la información colectada en campo y la transforma de manera gráfica para tener una mejor comprensión de la información haciendo uso de mapas temáticos elaborados con los programas de AutoCAD, Suffer y ArcGIS, permitiendo obtener información de lugares en los cuales se reportan inundaciones dentro del cultivo. Este problema ocasiona inanición de raíces y por ende pudrición de las palmas, lo cual conlleva a que estas plantas se conviertan en hospederos de plagas.

3.4.3.2 Objetivos específicos

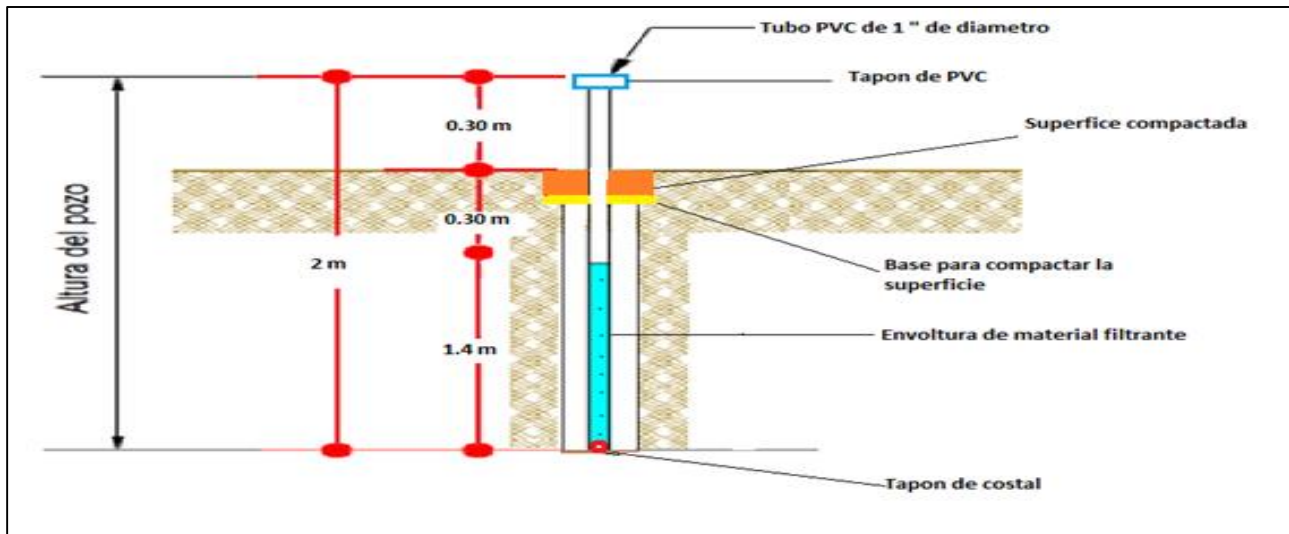
- A. Establecer procedimiento de implementación de los programas AutoCAD, Surffer y ArcGIS para la elaboración del comportamiento de nivel freático.
- B. Elaborar manual de procedimiento para sistematizar el proceso de monitoreo de pozos de nivel freático en campo y mapas temáticos.

3.4.3.3 Metodología

A. Recopilación de información en campo

La revisión de pozos se realizó semanalmente por el personal de campo; las lecturas tomadas de los pozos se hicieron el mismo día para cada finca asignada.

El personal de campo para realizar esta actividad se auxiliaron de pita de cáñamo que tenía en la parte final, una pieza de plomo para poder realizar la lectura, se utilizó una linterna ya que el diámetro de los pozo eran de 2 pulgadas y un formato para la toma de datos de las lecturas realizas en el pozo.



Fuente: Elaboración propia

Figura 75. Esquema de toma de datos de nivel freático para las actividades de campo en las fincas de NaturAceites S.A.

B. Uso del programa AutoCAD

Se extrajeron los datos topográficos del terreno, tomando en cuenta los bordes de drenajes, bordes de vía y lindero, luego se guardaron en un formato de Excel con extensión CSV.

C. Uso del programa Surfer

Con este programa se obtuvo la altura real de los pozos ("Z"), obteniendo los residuales (extracción de altura real de los pozos) negativos (Z), convirtiéndolos en positivos para el programa ArcGIS, luego se hizo la suma entre la altura real de pozo y la lectura pozo en el campo.

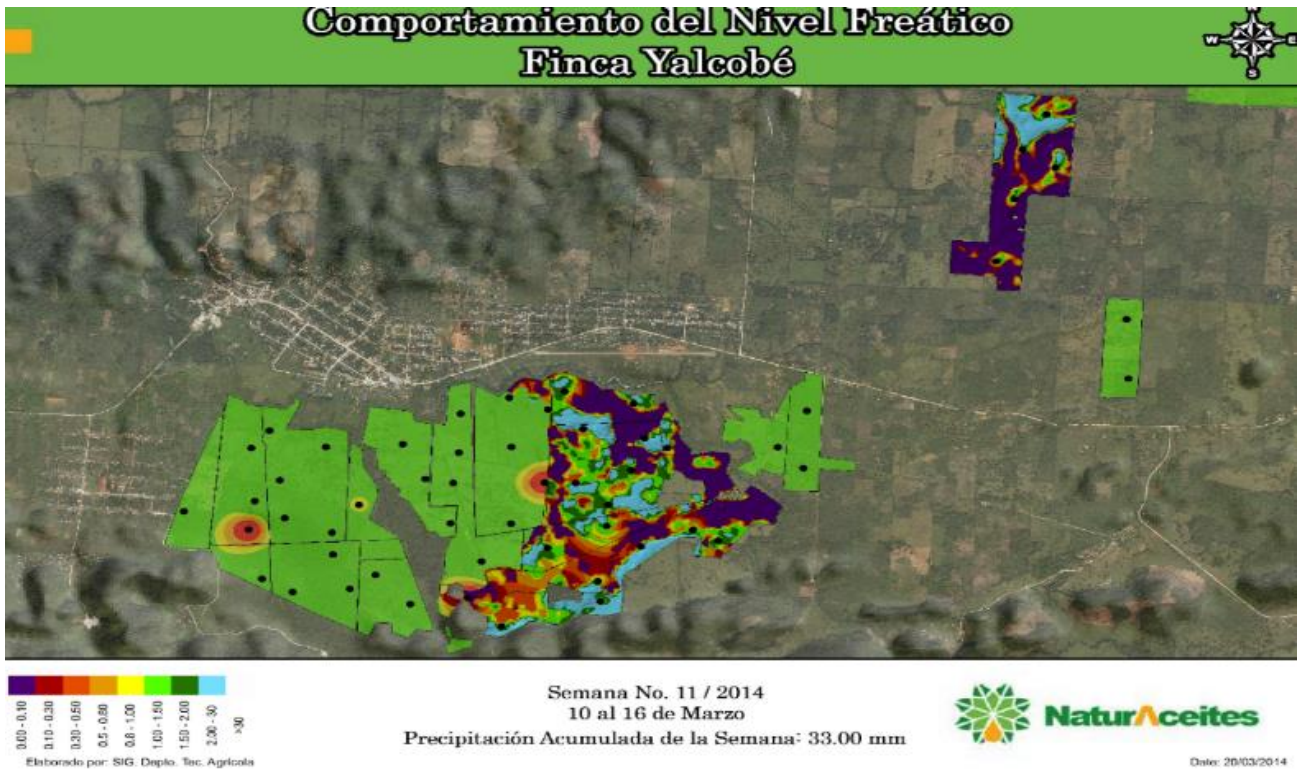
D. Uso del programa ArcGIS

Obteniendo los residuales (extracción de altura real de los pozos) "Z" en ArcGIS, se resta la lectura de pozos real menos la altura que se generó en Surfer. Se convierte en un archivo IDW (es la interpolación mediante distancia inversa ponderada determino los valores de celda a través de una combinación ponderada linealmente de un conjunto de puntos), se

genera un Raster de nivel freático real con la altimetría (Residuals), convirtiéndolo en un TIN (forma de datos geográficos digitales basados en vectores y se construyen mediante la triangulación de un conjunto de puntos), generando el mapa temático.

3.4.3.4 Evaluación

- A. Se elaboró un manual de procedimiento de lectura de pozos donde explica paso a paso la toma de datos en campo, así como el traslado de la información de campo a los programas AutoCAD, Surffer y ArcGIS.



Fuente: Elaboración propia

Figura 76. Comportamiento de nivel freático en la finca Yalcobé

3.4.3.5 Constancias

Manual de procedimiento para lectura de pozos de observación

A. OBJETIVO

1. Realizar la lectura de pozos de observación utilizados para el monitoreo del nivel freático
2. Representar el comportamiento del nivel freático de las diferentes fincas en función del monitoreo del nivel de los pozos.

B. RESPONSABLES.

- Auxiliar de campo SIG
- Auxiliar de SIG
- Jefe SIG.
- Gerente Técnico Agrícola.

C. INFORMACION TECNICA.

El nivel freático corresponde al nivel superior de una capa freática o de un acuífero en general, que se acumula en el subsuelo, sobre una capa impermeable de las aguas freáticas lo cual puede extraer mediante pozos.



El objetivo de colocar pozos de monitoreo el comportamiento del nivel freático y por medio de mapas temáticos, observar si se reportan inundaciones dentro del cultivo, puesto que dicho problema ocasiona inanición de raíces y por ende pudrición de las palmas, pudiendo convertirse estas en hospederos de plagas que posteriormente dañaran el cultivo, otras de las funciones es indicado en la construcción o ampliación de quíneles de drenaje cuando se observa el nivel freático muy superficial.




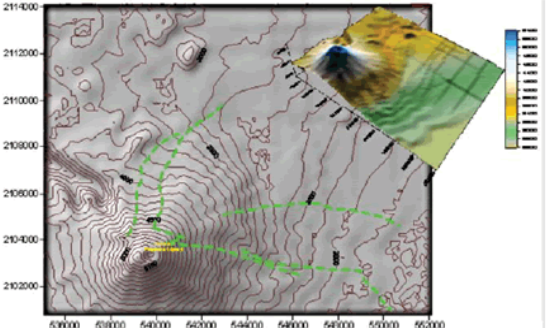
D. CRITERIOS DE ORDEN LIMPIEZA Y OPERATIVIDAD.

1. Las lecturas de pozos se realizan semanalmente por el auxiliar de campo; en la cual la fecha de lectura de todos los pozos se debe de realizar en un solo día por cada finca asignada, únicamente se harán excepciones en los casos si hubiera chubascos o tormenta y pueda finalizar la lectura el siguiente día.
2. Los trabajadores de campo deben de contar instrumentos tales como una pita de cáñamo que contiene la parte final una pieza de plomo para poder realizar la lectura, también debe de contener una linterna ya que el diámetro de los pozo es muy pequeño (2 pulgadas) y no es posible la visualización al momento de tomar lectura y por último debe de contener un formato para poder anotar las lecturas que se realizará por pozo
3. Observar si el pozo está en óptimas condiciones: que el área este limpio (sin maleza al alrededor), que el pozo este en buen estado (que no se encuentre quebrado dañado).

E. PROCEDIMIENTO

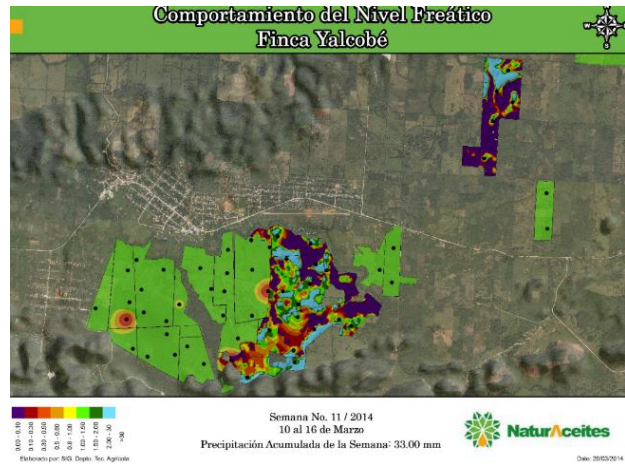
Paso	Actividad
1	<p>Se detectan los pozos en los puntos de ubicación.</p> 

2	<p>Para la lectura de pozos se debe de contar: cinta métrica, hilo de cáñamo de 2.50 m pieza de plomo (2 cm diámetro x 0.08cm de altura), linterna, lapicero y formatos para la anotación de los datos.</p>	
	<p>Para la lectura se necesitará un hilo de cáñamo que tiene atado al extremo una pieza de plomo, la cual servirá para la toma de lectura del nivel freático (altura de agua);</p> <p>Con lo anterior expuesto se procedió a introducir el hilo de cáñamo en el pozo, procurando que éste al ras de la superficie del agua para poder realizar la lectura a partir de 1.70 m de altura.</p>	
4	<p>Luego para la toma de lectura de nivel freático, se debe de medir 0.30 m (que corresponde al rostro del pozo de PVC que se observa)</p>	

<p>5</p>	<p>Luego se debe de resta con la cinta métrica los 0.30 m que es la diferencia de la superficie del tubo de pvc.</p>	
<p>6</p>	<p>Después de medir los 0.30 m, se medirá la parte restante del hilo para determinar el nivel freático.</p>	
<p>7</p>	<p>Con el programa de AutoCAD se extrae los datos topográficos del terreno, tomando en cuenta los bordes de drenajes, bordes de vía y lindero, ya extraído se guarda en un formato de Excel con extensión CSV.</p>	
<p>8</p>	<p>Luego con el programa surfer se obtiene la altura real de los pozos ("Z"), en este programa se encuentra como residuals (extracción de altura real de los pozos) negativos (Z), pero habrá que convertir en positivos para que en ArcGIS, pueda realizar la suma entre la altura real de pozo y lectura pozo en el campo.</p>	

9

Finalmente se hará un análisis espacial en base a X, Y, Z (obtenidos en Surffer). Teniendo eso ingresado a ArcGIS se generará un raster con el nivel freático obtenido, luego se ingresa la altimetría menos el raster de nivel freático y el resultado será el nivel freático real, luego se transformará en un TIN (modelo 3D del terreno) que mostrará el nivel freático real.



3.5 CONCLUSIONES

1. Se censaron 98135 palmas en la finca Yalcobé, de las cuales el 99.07% (97,207 palmas) son palmas vivas, 0.27% (253 palmas) son palmas muertas por distintas razones, 0.56% (528 sin palma) son área sin palma por motivos de anegamiento o por eliminación de palmas y 0.13% (135 palmas) son palmas en recuperación.
2. Se detectaron 199 palmas afectadas por Pudrición de Cogollo (*Phytophthorapalmivora*) en la finca Yalcobé. El lote con mayor incidencia fue el 20111, con un 22%.
3. La importancia del manual radica en que servirá como referencia para establecer pozos de observación haciendo uso de la agricultura de precisión en las diferentes regiones de la empresa Naturaceites, así mismo será utilizado para las áreas de sanidad vegetal y nutrición vegetal.