



---

---

---

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA**



Elaboración de Mapas de Prescripción de Dosis Variable Empleando el Software  
Farm Works Mapping de Trimble

**Por:**

**FERNANDO SEBASTIÁN BARTOLÓN MARTHO**

**Tesis**

**Presentado como Requisito Parcial para Obtener  
el Título de:**

**INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Noviembre 2017

---

---

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Elaboración de Mapas de Prescripción de Dosis Variable empleando el software  
Farm Works Mapping de Trimble

POR:  
**FERNANDO SEBASTIÁN BARTOLÓN MARTHO**

TESIS  
Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial  
para obtener el título de:

**INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA**

Aprobada por el Comité de Tesis

Asesor Principal

  
Dr. Santos Gabriel Campos Magaña

Sinodal

Sinodal

  
Dr. Hugo Gutiérrez Flores

  
Ing. Héctor Emilio González Ramírez

Universidad Autónoma Agraria  
"Antonio Narro" Coordinador de la División de Ingeniería



Coordinación de la División  
de Ingeniería

  
Dr. Luis Samaniego Moreno

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Noviembre, 2017

## AGRADECIMIENTOS

Principalmente agradezco a **Dios**, quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no dejarme caer en aquellos problemas que se me presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca los objetivos a los que venía, ni desfallecer en el intento.

A la **UAAAN** por haberme acogido y darme la oportunidad de terminar una carrera profesional, así como brindarme las herramientas necesarias de seguir desarrollando las habilidades para hacer frente a las circunstancias de la vida. **Gracias Alma Mater.**

**Dr. Campos Magaña Santos Gabriel.** Por darme la oportunidad de participar en su proyecto de tesis y por su apoyo incondicional, y sobre todo le doy gracias por haberme compartido sus conocimientos. Por inculcar innovación y llevar al Departamento de Maquinaria Agrícola a seguir formando alumnos de éxito.

A los diversos maestros del Departamento de Maquinaria Agrícola en especial al, **M.C. Héctor Uriel Serna Fernández, M.C. Juan Antonio Guerrero Hernández, Dr. Martin Cadena Zapata, Dr. Jesús Rodolfo Valenzuela García, Dr. Hugo Gutiérrez Flores, Ing. Héctor Emilio González Ramírez, Ing. Rosendo González Garza, M.C. Blanca Elizabeth De la Peña Casas**, quienes, por sus enseñanzas y buenos deseos se esmeraron por dar lo mejor a la formación profesional, por sus conocimientos teóricos brindados y por aquellas experiencias compartidas.

A mis compañeros y amigos de la carrera de Ing. Mecánico Agrícola, en especial a **Gearim Roblero Vázquez, Misael Aparicio López, Noé Osiris Delgado Domínguez, Ignacio López Escobar, Luis Alonzo Consuegra Ventura, Amaury Arreola Cruz, Félix Andrés Vázquez Hernández, Bartolomé José de Jesús, Hugo Santiago Curiel, José Ramón Vera López, Adrián Vega Sánchez** gracias a todos por su amistad, y los que no pueden faltar **Carlos Aníbal González González, Guillermo Adrián Roblero, Gabriel Díaz, Gabriela Escandón, Zulma Mejía Díaz.** A todos ustedes les agradezco por estar conmigo en los momentos más difíciles de mi vida como estudiante universitario, por haberme compartido sus experiencias como persona, por haberme dado los buenos consejos de tal manera que formaran parte de mis recuerdos. ¡Gracias y mucho éxito en la vida!

Y a todas aquellas personas que en algún momento me brindaron su amistad y su apoyo y me motivaron con palabras alentadoras en momentos difíciles.

## DEDICATORIA

Este trabajo es fruto del esfuerzo y sacrificio de muchas personas por tal motivo es para ustedes:

A mis Abuelos:

**Sr. Sebastián Bartolón Zunun**  
**Sra. Antonina Ortiz Hernández**

**Sr. Fernando Martho Gutiérrez**  
**Sra. Carmen Virginia Rivera de Martho**

A mis abuelos les quiero darle de antemano las gracias por estar siempre conmigo en las buenas y en las malas, por ser esas grandes personas de apoyo por darme esa motivación día a día, de nuevo muchas gracias que Dios los Bendiga para siempre.

A mis Padres:

**Sr. Bolívar Bartolón Ortiz**  
**Sra. Teresa De Jesús Martho Rivera**

A mi **padre**, Por su confianza que ha puesto en mí para definir mi propio destino por motivarme a seguir adelante. Por haberme dado consejos, por su comprensión y amor, por ayudarme en los momentos más difíciles, por brindarme su confianza y la oportunidad de haberme realizado profesionalmente, gracias por haberme enseñado tantas cosas de la vida, por inculcarme la importancia de los valores más elementales de la familia. Gracias por ser mi padre, estoy orgullosa de ti.

A mi **madre**, Con amor y cariño, por ser la persona que me diste mi vida, me educaste y me diste la oportunidad de que creara mis destinos, estando conmigo en los momentos más difíciles de mi vida, motivándome a tener aspiración de superación para llegar a esta etapa de mi vida y sobre todo por lo que significa para mí llamarte madre. ¡A ti madre, muchas gracias!

Queridos padres, ustedes siempre han estado ahí y me han apoyado en todo momento de mi vida, en lo bueno y en lo malo. Sería interminable escribir cuán agradecido estoy por ser su hijo. Sé que no soy perfecto, no siempre hago lo que se supone que sea, y no tengo el mejor

tono. Les agradezco por amarme aún en los momentos más difíciles, ustedes significan mucho para mí, y espero que algún día se sientan orgullosos de mí, porque eso sería la gran meta. Aun cuando me mude sé que siempre seré su pequeño y me querrán. Gracias por impulsarme y hacer de mí lo que soy ahora. Los amo mucho

A mi hermano **Cristian de Jesús Bartolón Martho**.

Por estar siempre conmigo apoyarme emocionalmente, ha sido como un motor una fuerza más que me ha impulsado en el día a día para cumplir mis propósitos.

A mi **Familia** por brindarme el gran apoyo, por los ánimos y los consejos para que pudiera realizar mis sueños, que sin ustedes este logro no se llevaría a cabo.

A mis **Primos** que estuvieron siempre presentes en cada etapa. Gracias, por sus consejos, con mucho cariño para ustedes, en especial a **Auner Daniel Bartolón Pérez**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS -----	VIII
ÍNDICE DE CUADROS -----	XI
RESUMEN -----	XII
I. INTRODUCCIÓN -----	1
II. OBJETIVOS -----	4
2.1 Objetivo general -----	4
2.2 Objetivo específico -----	4
III. REVISIÓN DE LITERATURA -----	5
3.1 Agricultura de precisión -----	5
3.2 Agricultura de precisión a nivel mundial y nacional -----	10
3.3 Sistema de Posicionamiento Global (GPS) -----	12
3.4 Sistemas de información geográfica (SIG) -----	14
3.5 Manejo de Sitio Específico -----	17
3.6 Variabilidad -----	17
3.6.1 Variabilidad espacial -----	18
3.6.2 Variabilidad temporal -----	18
3.6.3 Variabilidad predictiva -----	18
3.7 Mapas de diagnósticos -----	19
3.8 Mapas de Rendimiento -----	19
3.9 Mapas de prescripción -----	21
3.10 Dosis variable -----	27
3.11 Controlador FmX -----	28
IV. MATERIALES, EQUIPOS Y MÉTODOS -----	30
4.1 Ubicación del sitio experimental -----	30
4.2 Software -----	30
4.3 Equipos -----	31

4.4	Metodología para la obtención de mapas de prescripción -----	35
4.4.1	Levantamiento topográfico -----	36
4.4.2	Descarga del archivo -----	37
4.4.3	Generación de mapas de prescripción -----	37
4.4.4	Cargar el mapa de prescripción a la pantalla FmX -----	37
V.	RESULTADO -----	38
5.1	Crear un proyecto -----	41
5.2	Como leer datos de tarea (parcela) -----	44
5.3	Agregar un suministro -----	47
5.4	Crear una vista -----	52
5.5	Crear una aplicación -----	54
5.6	División de la parcela en lotes -----	55
5.7	Exportar el mapa de aplicación de dosis variable -----	58
VI.	CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES -----	60
6.1	Conclusión -----	60
6.2	Recomendaciones -----	60
VII.	REFERENCIAS -----	61
VIII.	ANEXOS -----	65
	ANEXO A -----	65
A.1	Agregar aplicaciones a la pantalla FmX -----	65
	ANEXO B -----	68
B.1	Cargar mapa de prescripción a la pantalla FmX -----	68
	ANEXO C -----	72
C.1	Configuración de Field-IQ -----	72
	ANEXO D -----	81
D.1	Configuración del implemento -----	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Etapas de la agricultura de precisión. -----	6
Figura 3.2 Pasos involucrados en agricultura de precisión. -----	9
Figura 3.3 Componentes del Sistema de Informacion Geografica. -----	15
Figura 3.4 Estructura de base de datos.-----	16
Figura 3.5 Proceso para generar mapas de rendimiento. -----	19
Figura 3.6 Mapa de rendimiento mediante la medición del flujo de masa de grano a través de las cosechadoras. -----	20
Figura 3.7 Mapa de Prescripción. -----	23
Figura 3.8 Mapa de dosis variable para la sembradora, detalle de dosis para zona de alto potencial. -----	25
Figura 3.9. Mapa de dosis variable para la sembradora, detalle de dosis para zona de bajo potencial. -----	26
Figura 4.1 Ubicación de la parcela-----	30
Figura 4.2 Conexión Field-IQ a la pantalla FmX.-----	32
Figura 4.3 Descripción y Número de partes para conectar el controlador Field-IQ a la pantalla FmX.-----	33
Figura 4.4 Diagrama del proceso para la obtención del mapa de prescripción.-----	35
Figura 4.5 Diagrama para el proceso del levantamiento topográfico.-----	36
Figura 5.1 Método empleado para la elaboración de los mapas de prescripción. -----	39
Figura 5.2 Crear un proyecto nuevo. -----	41
Figura 5.3 Agregar nuevo proyecto. -----	42
Figura 5.4 Agregar nuevo Proyecto. -----	42
Figura 5.5 Sistema de Medidas y Georeferenciación. -----	43
Figura 5.6 Proyecto en blanco. -----	43
Figura 5.7 Leer Datos de Tarea.-----	45
Figura 5.8 Enlazador: lotes.-----	46
Figura 5.9 Lindero del lote, importado. -----	47
Figura 5.10 Propiedades de suministro. -----	48
Figura 5.11 Producto y Cultivo.-----	48
Figura 5.13 Propiedades del Producto. -----	49
Figura 5.15 Agregar suministro -----	50
Figura 5.16 Aplicar Grupo de Trabajo.-----	51
Figura 5.17 Actividades Agrícolas.-----	51
Figura 5.18 Selección de Atributo.-----	52
Figura 5.19 Vista Nueva -----	52
Figura 5.20 Nueva vista. -----	54
Figura 5.21 Cuadro de dialogo Actividades Agrícolas. -----	54

Figura 5.22 Nueva aplicación de dosis aplicar.-----	55
Figura 5.23 División del Lote -----	55
Figura 5.24 Cuadro de dialogo Propiedades del Objeto. -----	56
Figura 5.25 Cantidad total y el costo.-----	56
Figura 5.26 Mapa de Prescripción obtenida con el software Farm Works Mapping de Trimble. -----	57
Figura 5.27 Exportar Datos de Trabajo -----	58
Figura 5.28 Exportar datos. -----	59
Figura 5.29 Mapa de Prescripción cargada en la pantalla FmX. -----	59
Figura A.1 Pantalla de inicio.-----	65
Figura A.2 Configuraciones -----	65
Figura A.3 Pantalla de Configuración. -----	66
Figura A.4 Pantalla de configuración del sistema. -----	66
Figura A.5 Ingresar Contraseña (2009).-----	67
Figura A.6 Agregar Complementos-----	67
Figura B.1 Insertando memoria USB a la pantalla FmX. -----	68
Figura B.2 Selección de Archivo de Datos.-----	68
Figura B.3 Copiando el archivo de memoria USB a la memoria de la pantalla.-----	69
Figura B.4 Pantalla de inicio.-----	69
Figura B.5 Pantalla de Configuración. -----	70
Figura B.6 Selección de Campo. -----	70
Figura B.7 Prescripción a cargar. -----	71
Figura B.9 Mapa de Prescripción. -----	71
Figura C.1 Pantalla Configuración. -----	72
Figura C.2 Programación de Material. -----	72
Figura C.4 Pantalla Agregar Configuración.-----	73
Figura C.5 Asignar Material deseada. -----	73
Figura C.6 Configuración de Hibrido.-----	74
Figura C.7 Configuración de rangos. -----	74
Figura C.8 Material Configurado.-----	75
Figura C.9 Configuración de operación. -----	75
Figura C.10 Constante de Calibración. -----	76
Figura C.11 Terminar Configuración. -----	76
Figura C.12 Configurar Control. -----	77
Figura C.13 Control de Secciones.-----	77
Figura C.14 Configuración Control de Dosis. -----	78
Figura C.15 Configuración de Control de Surcos. -----	78
Figura C.16 Configuración de Sensores. -----	79
Figura C.17 Clic en Asignación de Material. -----	79
Figura C.18 Asignar el Material-----	80

Figura D.1 Configuración de Implemento.-----	81
Figura D.2 Configurar el tipo de Operación. -----	81
Figura D.3 Configurar Medidas. -----	82
Figura D.4 Configuración de Geometría. -----	82
Figura D.5 Configuración de Superposición. -----	83
Figura D.6 Configuración de Interruptores.-----	83
Figura D.7 Configuración de Sensor Elevación Implemento. -----	84
Figura D.8 Configuración de Interruptores.-----	84

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1 Principales etapas o pasos para la aplicación de agricultura de precisión AP. -----	8
Cuadro 3.2 Tendencias de aplicación de AP, de acuerdo con zona geográfica -----	11
Cuadro 5.1 Cuadro de diálogo-----	41

## RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en el Departamento de Maquinaria Agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, lo cual, tuvo como objetivo la elaboración de un manual para mapas de prescripción de dosis variable empleando el software Farm Works Mapping (Trimble, versión 2017). El proceso para la elaboración de mapas se basó en un levantamiento topográfico de la parcela con un predio de 1.12 Ha, con un controlador FmX y un sistema de corrección RTK que sirve para tener una mejor exactitud en la toma de posición real de los puntos. El manual incluye las instrucciones de cómo elaborar mapas de prescripción. El lindero se dividió en 9 lotes en el cual se asignaron tres dosis diferentes de semilla (20, 16, 14 kg $ha^{-1}$ ). El mapa generado por el software tiene como archivo Shape con el cual no se presentó ningún problema al cargar el archivo de prescripción a la pantalla FmX.

**Palabras clave:** Dosis Variable, Mapas de Prescripción, Controlador FmX, Sistema de corrección RTK, Levantamiento Topográfico.

## I. INTRODUCCIÓN

La agricultura de precisión (AP) es el uso de la tecnología de la información para adecuar el manejo de suelos y cultivos a la variabilidad presente dentro de un lote. La AP involucra el uso de sistemas de posicionamiento global (GPS) y de otros medios electrónicos para obtener datos del cultivo. La información obtenida puede usarse para implementar planes de manejo de la variabilidad. Junto a la biotecnología, la AP es uno de los cambios tecnológicos más importantes que ha vivido la agricultura en los últimos años. Los cambios tecnológicos que se producen en la agricultura están por lo general, directamente relacionados con la rentabilidad que trae aparejada dicho cambio. El potencial de la agricultura de precisión permite optimizar el uso de insumos, las labores realizadas al cultivo y la producción final, reduciendo los costos de producción, aumentar la productividad y el impacto sobre el medio ambiente. En un sentido más amplio, la agricultura de precisión permite administrar los insumos en el tiempo y en el espacio, optimizar la logística de las operaciones a campo, supervisar el trabajo de los empleados en el campo, manejar los riesgos de la producción, vender productos diferenciados, proveer trazabilidad de los productos para consumo humano, y documentar los insumos aplicados para cumplir con reglas de protección ambiental (Bongiovanni, 2004).

La AP utiliza tecnologías de la información y comunicación para mejorar los procesos de toma de decisiones que permitan maximizar la producción. La AP consiste en obtener datos geo-referenciados de zonas para conocer mejor lo que puede suceder en una zona durante el desarrollo de las labores agrícolas. Los sitios de cultivo pueden presentar variabilidad topográfica, por génesis de suelo, por el tipo de manejo, etc. La AP permite actuar selectivamente respecto a un sitio específico del cultivo en la aplicación de semillas, fertilizantes, control de malezas y pestes en función del análisis de la información recolectada en terreno. Mientras más diferencias de potencial de rendimiento tengan esos sitios, es más probable que el manejo del sitio específico sea exitoso. El uso de la AP puede además contribuir al mejoramiento de la productividad y rendimientos, así como a la disminución del impacto ambiental de la actividad agronómica. Una de las áreas de mayor interés en la AP es el manejo de nutrientes de sitio específico (MNSE) mediante tecnología de aplicación de

fertilizantes a tasa variable (TTV), concepto promisorio no incorporado con suficiente rapidez a las prácticas productivas de la agricultura moderna debido a condicionantes económicas, sociales, agronómicas y tecnológicas (Robert, 2002).

(Bragachini, 2003). Describe la agricultura de precisión como la utilización de modernas herramientas capaces de facilitar la obtención y análisis de datos geo-referenciados, mejorando el diagnóstico, la toma de decisiones y la eficiencia en el uso de insumos. El término agricultura de precisión (AP) tiene diferentes significados. Para algunos, significa usar satélites, sensores y mapas todo esto con equipo de alto nivel tecnológico y de posicionamiento global. Para otros, es vislumbrar el futuro de la agricultura. Ese futuro significa manejar cada insumo del cultivo (fertilizante, corrector de pH, herbicida, insecticida, semilla, etc.) sobre una base de sitio específico para reducir el desperdicio, aumentar las ganancias y mantener la calidad ambiental.

La Tecnología de Dosificación Variable (VRT) posibilita realizar los cambios de dosis y densidades en tiempo real siguiendo prescripciones o recomendaciones que son cargadas previamente en monitores de máquinas inteligentes. La aplicación variable de insumos siguiendo una prescripción agronómica puede realizarse en forma automática con el uso del GPS o en forma manual por medio de un operario conocedor de la variabilidad espacial del lote.

La mayoría de los sistemas experimentales de agricultura de precisión son los sistemas basados en mapas, debido a que la mayoría de los sensores de movimiento continuo o sobre la marcha (on-the-go) para campo, suelo y variabilidad de campo son demasiado caros, no son suficientemente precisos, no están disponibles o no son compatibles con las tecnologías ya desarrolladas en forma comercial (Trimble, 2015).

La creciente caída de la rentabilidad de la producción de granos básicos es una característica que describe los sistemas productivos de nuestro país, donde la preparación de los suelos destaca como la actividad que consume más energía o combustible y, por lo tanto, la que representa mayores costos. El uso excesivo de la maquinaria agrícola es un indicador de la

ausencia de tecnología y conocimiento, representada por la poca información en el establecimiento de los sitios, y por lo tanto, erróneas decisiones en su manejo.

Una forma de contrarrestar estos efectos y corregir algunas de sus causas es mediante el manejo óptimo en la aplicación de insumos en la agricultura. Para la aplicación de esta tecnología se requiere de una fase de diagnóstico previo de rendimiento, combinado con muestreo de ambientes a nivel de predio para determinar los factores limitantes de la producción; así como su localización precisa para poder de ahí realizar las prescripciones en tiempo real y sitio específico de insumos. Se requiere para lo anterior contar con sistemas que se integren entre otros por Geo posicionador Diferencial con aplicación en la Agricultura (AgDGPS), Sensores de ambientes, Sistemas de Información Geográfica (SIG), Sistemas de Control; así como equipos de dosificación variables de insumos (López, 2012).

El propósito de esta investigación tiene como objetivo elaborar un manual para mapas de prescripción de dosis variable de semilla empleando el software Farm Works Mapping de Trimble con la finalidad de facilitar al usuario las funciones y características particulares para llevar a cabo el mapa de prescripción que sea compatible con la pantalla FmX para utilizarlo en la aplicación de Dosis Variable, con la obtención de estos mapas será posible determinar la receta aplicar en cada zona, el cual mediante el GPS va identificando en que área del lote se encuentra y aplica la dosis que está definida en la prescripción para esa área.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Elaboración de mapas de prescripción de dosis variable de insumos.

### **2.2 Objetivo específico**

Elaboración de un manual para mapas de prescripción de dosis variable de semilla empleando el Software Farm Works Mapping V2017 de Trimble.

### III. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1 Agricultura de precisión

El término Agricultura de Precisión (AP) significa optimizar la calidad y cantidad de un producto agrícola, minimizando el costo a través del uso de tecnologías más eficientes. En definitiva, la agricultura de precisión es un conjunto de técnicas orientado a optimizar el uso de los insumos agrícolas, semillas, agroquímicos y correctivos (Best y Zamora, 2008).

La AP en el reconocimiento de la variabilidad espacial y temporal del clima, los suelos y los cultivos, y consecuentemente, de la importancia de proporcionar un manejo agronómico específico que tenga en cuenta esas diferencias. La agricultura de precisión, conocida también como agricultura específica por sitio, usa tecnologías de información espacial, tales como los sistemas de posicionamiento global (GPS) y sistemas de información geográfica (SIG), para mejorar las decisiones agronómicas de diferentes cultivos (Lisarazo y Alfonso, 2010).

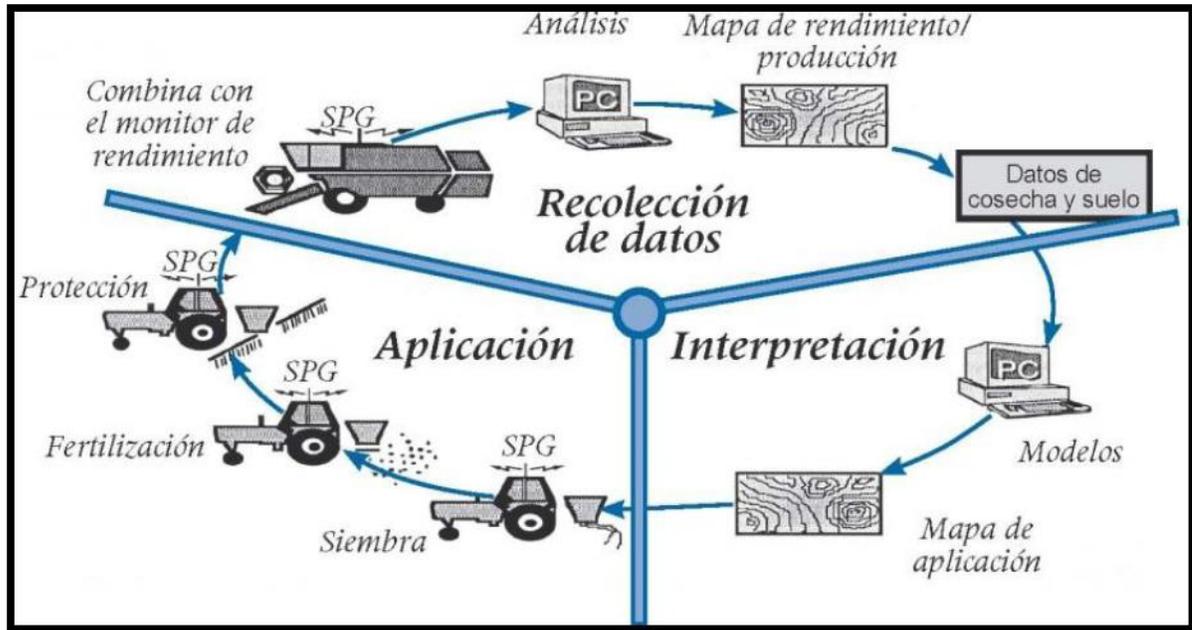
De acuerdo a Medina *et al.*, (2010). La AP es el término utilizado para describir la meta de aumento de la eficiencia en la administración de la agricultura. Pero no es simplemente la habilidad de aplicar distintos tratamientos a escala local, sino que se deben de tener en consideración los conocimientos suficientes para entender todos los procesos relacionados, de modo que puedan interpretar los resultados obtenidos para lograr una meta determinada.

Según Borghi (2014). La innovación de los productos argentinos, en lo que respecta a las herramientas de agricultura de precisión aplicadas a las máquinas agrícolas, han logrado un alto nivel tecnológico. En los últimos años el crecimiento de estas herramientas fue exponencial y también se vio reflejado en las exportaciones, especialmente en los países donde se encuentran máquinas sembradoras y pulverizadoras, tales como Sudáfrica, Australia y Ucrania.

AGCO (2005) divide a la tecnología de la agricultura de precisión en tres etapas (Figura 3.1)

- Recolección de datos.
- Procesamiento e interpretación de la información.

- Aplicación de insumos.



**Figura 3.1** Etapas de la agricultura de precisión (AGCO, 2005).

Para Koch y Koshla (2003), la AP es una disciplina nueva en desarrollo que incorpora tecnologías avanzadas para incrementar la eficiencia en la aplicación de insumos agrícolas de una forma rentable, y sensible de cierta manera con el ambiente. Las tecnologías de precisión más usadas son el monitoreo del rendimiento y la aplicación variable de insumos. Se están desarrollando tecnologías como sistemas de guiado utilizando sistemas de posicionamiento global (GPS) y manejo de sitio específico para incrementar la productividad al reducir el error, costo y tiempo. Estas tecnologías proveen herramientas para cuantificar y administrar la variabilidad que existe en el campo a través de un arreglo de los sistemas de cultivo.

La mejor alternativa que existe en agricultura de precisión para determinar la posición real de los puntos se trata del RTK (Real Time Kinematic) o GPS cinemático. Para la realización de determinadas labores en campo como el trabajo entre líneas de cultivos, la siembra o el levantamiento de mapas topográficos, la resolución alcanzada por el DGPS no es suficiente. Se necesita en estos casos precisiones a nivel de centímetros, y no únicamente en

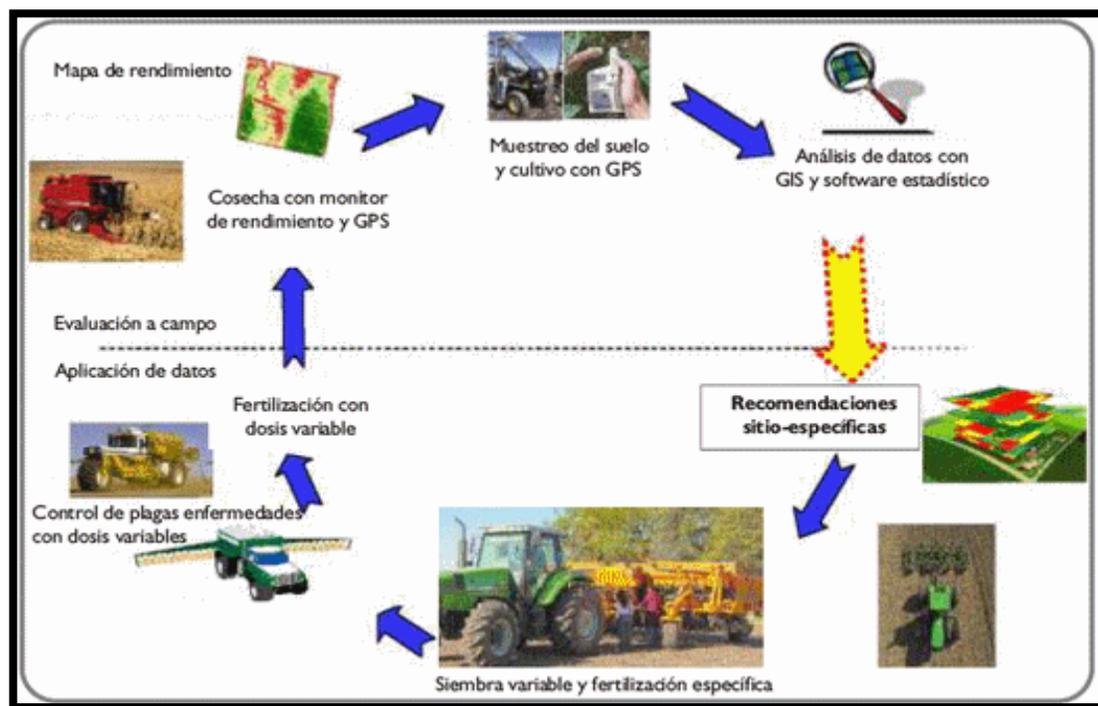
relación con la posición horizontal, sino en las tres dimensiones. El GPS cinemático determina la posición exacta del móvil midiendo el desfase de la señal entre la transmisión y la recepción. Sin embargo, la utilización de esta modalidad de recepción de señal no está demasiado extendida en agricultura, entre otros motivos, a los riesgos de pérdida de señal en determinados momentos del ciclo. Para el correcto funcionamiento del sistema es necesaria la actuación de cómo mínimo cinco satélites, lo que en determinados momentos o situaciones no está actualmente garantizado. Sin embargo, las características y ventajas potenciales que ofrece el RTK-GPS inducen a prever una generalización en su uso en un futuro próximo (Gil, 2008).

Existen numerosas prácticas de manejo consideradas por parte de la AP, en sus diferentes etapas de aplicación. Estas prácticas son realizadas a través de diferentes tecnologías e incluyen tanto actividades de campo como de oficina. En el cuadro 3.1, se presentan las principales etapas o pasos para la aplicación de AP, las tecnologías involucradas y las actividades realizadas (Ortega, 2000).

**Cuadro 3.1 Principales etapas o pasos para la aplicación de agricultura de precisión AP (Ortega, 2000).**

Etapa	Tecnología Involucrada	Actividades
Recolección e ingreso de datos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sistemas de posicionamiento global (GPS).</li> <li>▪ Sistemas de información geográfica (SIG).</li> <li>▪ Instrumentos topográficos.</li> <li>▪ Sensores remotos.</li> <li>▪ Sensores directos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Medición de la topografía del suelo.</li> <li>▪ Muestreo de suelos en grilla.</li> <li>▪ Recorrido de los cultivos para la detección de plagas y enfermedades.</li> <li>▪ Monitoreo de rendimientos.</li> <li>▪ Medición directa de propiedades del suelo y cultivos.</li> <li>▪ Monitoreo remoto de suelos y cultivos.</li> <li>▪ Digitalización de mapas.</li> </ul>
Análisis, procesamiento e interpretación de la información.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Programas de SIG.</li> <li>▪ Sistemas expertos.</li> <li>▪ Programas estadísticos.</li> <li>▪ Experiencia del operador.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Análisis de dependencia espacial.</li> <li>▪ Confección de mapas de evaluación.</li> <li>▪ Confección de mapas de prescripción.</li> <li>▪ Otras.</li> </ul>
Aplicación diferencial de insumos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tecnología de dosis variables.</li> <li>▪ Pulverización asistida por GPS.</li> <li>▪ Programas computacionales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aplicación variable de nutrientes.</li> <li>▪ Aplicación variable de plaguicidas.</li> <li>▪ Siembra diferencial de variedades y aplicación variable de semillas.</li> </ul>

Bongiovanni, (2003), dice que la agricultura de precisión es el uso de la tecnología de la información para adecuar el manejo de suelos y cultivos a la variabilidad presente dentro de un lote. La agricultura de precisión involucra el uso de sistemas de posicionamiento global (GPS) y de otros medios electrónicos para obtener datos del cultivo. La información obtenida puede usarse para implementar planes de manejo de la variabilidad. Junto a la biotecnología, la agricultura de precisión es uno de los cambios tecnológicos más importantes que ha vivido la agricultura en los últimos años (Figura 3.2)



**Figura 3.2 Pasos involucrados en agricultura de precisión**  
(Bongiovanni *et al.*, 2003).

### **3.2 Agricultura de precisión a nivel mundial y nacional**

Dentro de las estimaciones, Argentina es el segundo país más tecnificado del mundo en el sector agrícola, precedido solo por Estados Unidos. Según señaló Andrés Méndez, técnico del INTA Manfredi. (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), tiene siete millones de hectáreas sembradas con 'agricultura de precisión'. De sus 33 millones de hectáreas sembradas, cuenta con 21,6% de esa superficie equipada con herramientas de AP, según un cálculo realizado por el INTA Manfredi –Córdoba– a partir de información relevada por la Cámara Argentina de Fabricantes de Maquinaria Agrícola (CAFMA, 2006).

Al mismo tiempo otros países tecnificados como Alemania, Japón y Bélgica, entre otros, tienen el 100% de uso de las herramientas, pero la cantidad de hectáreas es muy inferior a la de Argentina. (Economía., 2012).

Con relación a una hipótesis de Norton y Swinton (2000) la Agricultura de Precisión va a ser adoptada primero en zonas de explotaciones grandes y con gran capital de inversión por hectárea. Las estadísticas de FAO muestran que países como EE. UU, Canadá y Australia cumplen esas condiciones, pero creen que hay países en vías de desarrollo cuyo promedio de producción es disminuido por explotaciones de subsistencia, que poseen regiones que cumplen las condiciones necesarias para un uso rentable de la Agricultura de Precisión, en un futuro cercano por ejemplo la pampa húmeda Argentina o los cerrados brasileños.

El manejo de sitio específico tiene gran potencial en países desarrollados como: Europa Occidental, EE. UU, Canadá, Japón, Australia y Nueva Zelandia, pero el uso de las tecnologías de Agricultura de Precisión para automatizar el manejo de sitio específico se limitará probablemente a zonas con producciones mecanizadas de gran escala, (cuadro 3.2). Los patrones de adopción de la Agricultura de Precisión fuera de EE. UU y Canadá no han sido estudiados en profundidad, pero hay indicadores de que las condiciones locales van a jugar un papel importante en la velocidad de adopción y en que componentes de la tecnología se utilicen.

**Cuadro 3.2 Tendencias de aplicación de AP, de acuerdo con zona geográfica**

<b>Zona Geográfica</b>	<b>Sector Productivo</b>	<b>Rubro</b>
Europa (Italia Francia)	1° Cultivos industriales	Maíz, Trigo, Canola
	2° Frutales	Pomáceas – Olivos
	3° Vitícola	Viñas
	4° Hortalizas	DE modo Experimental
Latinoamérica (Argentina y Brasil)	1° Cultivos industriales	Maíz, Soja, Canola, Trigo, Caña de azúcar
	2° Ganadería Bovina	Lechería
	3° Frutales	Manzano
América del Norte (USA)	1° Cultivos industriales	Maíz, Trigo, Soja
	2° Frutales	Berries, Pomáceas, Carozos, Frutos de nuez
	3° Viticultura	Viñas
Australia	1° Cultivos industriales	Trigo
	2° Viticultura	Viñas
	3° Ganadería	Ovina y bovina de carne

Sin embargo, el precio de todo el equipo necesario para la AP es sumamente elevado, el costo del tractor, así como del GPS, la computadora, el software y los instrumentos necesarios para hacer las mediciones, superan el millón de pesos, por lo cual en México, sólo trabajan dos tractores con esas características, uno en Chihuahua y otro en Sonora. (Dávila, 2010).

### 3.3 Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

Las siglas GPS provienen del inglés “Global Positioning System”, cuya traducción en español es: Sistema de Posicionamiento Global. Se trata de un sistema para determinar una posición en la tierra, esto significa proporcionar la latitud y longitud del punto en el que nos encontramos sobre la superficie terrestre, existe un tercer elemento para localizar un punto, este es la altitud es necesario para poder definir una ubicación GPS de manera completa y precisa. Este sistema fue desarrollado por el departamento de Defensa de Estados Unidos para construir un sistema de navegación preciso con fines militares. En la actualidad está bajo el control tanto de este departamento, como del de transporte y su aplicación se va extendiendo al ámbito civil (navegación, catastro, SIG, levantamientos). El sistema está formado por 21 satélites operativos y 3 de reserva los cuales están orbitando alrededor de la tierra, a una altura aproximada de 20.000 km. El sistema GPS es muy fiable. En caso de observaciones, en los que el receptor se ha situado durante suficiente tiempo en los puntos que se desean determinar, se han conseguido precisiones mayores del 99% (Krüger *et. al.*, 1994).

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un sistema de radionavegación por satélite basado en los satélites que orbitan la Tierra, y la transmisión de señales de radio a los receptores en tierra (es decir, dispositivos GPS). Sobre la base de mediciones de la cantidad de tiempo que las señales de radio viajan desde un satélite a un receptor, los receptores GPS calculan la distancia y determinar con gran exactitud la ubicación de sus antenas en términos de longitud, latitud y altitud. GPS se puede utilizar en diversas áreas tales como: la agricultura, la navegación marítima, la cartografía, topografía y otras aplicaciones donde se requiere un posicionamiento preciso (Oloufa *et al.*, 2001).

Las aplicaciones de los sistemas de posicionamiento global y de navegación en la agricultura pueden ser muy diversas. No obstante, las más comunes que se pueden citar son las siguientes: determinación de los límites de la finca, guiado automático de maquinaria agrícola, asignar las coordenadas a las muestras tomadas con objeto de elaborar los mapas de producción u otra característica y determinar la actuación en cada punto. Un ejemplo de esto último, sería distribuir la dosis de fertilizantes y fitosanitarios en función de las coordenadas (Riquelme, 2011).

En la misma línea, los sistemas de navegación también resultan muy útiles en la agricultura. Estos sistemas son muy necesarios en explotaciones grandes a la hora de aplicar los tratamientos fitosanitarios y los fertilizantes. En estas tareas se emplea maquinaria agrícola pesada, y pequeños errores en la conducción pueden provocar que una franja del cultivo quede sin tratar (pérdidas de producción), que se aplique una sobredosis (perjuicios medioambientales y económicos), etc. Los sistemas de navegación también resultan de gran utilidad en casos concretos, como la aplicación de los herbicidas sistémicos que se deben aplicar durante el crepúsculo, así como en el guiado del vehículo cuando las condiciones atmosféricas son adversas. Por ello, no es de extrañar que numerosos investigadores trabajen en este campo (Riquelme, 2011).

El GPS se ha convertido en la herramienta más potente para el posicionamiento, proporcionando posiciones espaciales para puntos fijos o en movimiento, con una precisión que varía desde los pocos milímetros hasta un par de decenas de metros. Todos los receptores GPS muestran la ubicación de un punto mediante coordenadas. Estas pueden ser geográficas (geodésicas) o cartesianas, pero en general los GPS muestran las coordenadas geográficas a menos que se programe de otra manera. Las coordenadas geográficas se expresan en latitud, longitud y altura, siendo las unidades de las primeras dos en grados, minutos y segundos por ser ángulos y la altura se expresa en metros o pies. Estas coordenadas se basan en un sistema de 3 ejes con centro en el centro de masa de la tierra (Manfredi, 2000).

Las coordenadas geográficas se pueden definir de la siguiente manera:

- a) Longitud: es el ángulo que se forma, en el centro de la tierra, entre el plano del meridiano de Greenwich y el plano del punto a ubicar. Para la longitud se toma como cero el meridiano de Greenwich, y va hasta  $+180^\circ$  hacia el Este y  $-180^\circ$  hacia el Oeste. Estos se denominan meridianos.
- b) Latitud: es el ángulo entre el plano del Ecuador y el plano formado por el punto a ubicar y el centro de la tierra. Va de 0 a  $90^\circ$ , siendo 0 el Ecuador, y  $+90^\circ$  el polo Norte y  $-90^\circ$  el polo Sur. Estos se denominan paralelos.

c) Altura: para simplificar el concepto de la altura se puede definir como la distancia en metros desde una línea de prolongación de la altura media del mar, y el punto a ubicar. Resumiendo, es la altura sobre el nivel del mar.

### **3.4 Sistemas de información geográfica (SIG)**

El término SIG o sistema de información geográfica (Geographic Information System) se emplea para referirse a varios conceptos interrelacionados pero diferentes. Por una parte se utiliza para hacer referencia al programa o aplicación de ordenador que sirve para manejar mapas. Algunos autores restringen el término SIG a los programas de ordenadores capaces de, no solo permitir la visualización, consulta e impresión de los mapas, sino además realizar operaciones de análisis como superposiciones vectoriales o álgebra de mapas. (Mancebo, 2008).

Un sistema de información geográfica es en realidad un programa hecho para almacenar, recuperar, analizar y mostrar datos cartográficos. Por otro lado, los datos en GIS suelen almacenarse en diferentes capas, cada una de las cuales tiene una característica topográfica particular (Figura 3.3). Hasta ahora se ha mencionado el uso del GPS en la agricultura, pero por si solo no constituye a la agricultura de precisión, se requiere de un sistema que permita el acceso a toda esa información recopilada de un modo organizado, el manejo de los datos y el análisis de los mismos, facilitando su interpretación y toma de decisiones. Aquí es donde cobra importancia el papel de GIS, debido a todas sus características previamente mencionadas (García y Flego, 2005).



**Figura 3.3 Componentes del Sistema de Información Geográfica**  
(García y Flego, 2005).

La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión de información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología geoespacial de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma. El SIG funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de los mapas digitales. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía.

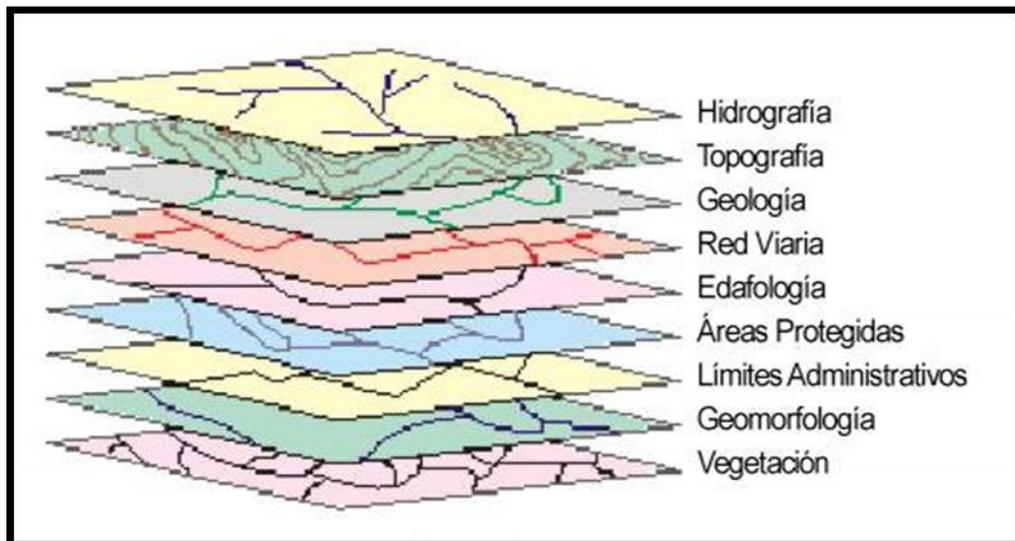
Las principales cuestiones que puede resolver un sistema de información geográfica, ordenadas de menor a mayor complejidad, son:

- Localización: preguntar por las características de un lugar concreto.
- Condición: el cumplimiento o no de unas condiciones impuestas al sistema.

- Tendencia: comparación entre situaciones temporales o espaciales distintas de alguna característica.
- Rutas: cálculo de rutas óptimas entre dos o más puntos.
- Pautas: detección de pautas espaciales.
- Modelos: generación de modelos a partir de fenómenos o actuaciones simuladas.

Por ser tan versátiles, el campo de aplicación de los sistemas de información geográfica es muy amplio, pudiendo utilizarse en la mayoría de las actividades con un componente espacial. La profunda revolución que han provocado las nuevas tecnologías ha incidido de manera decisiva en su evolución.

La ventaja de los SIG en relación con otros sistemas, es que integra el espacio, territorio o área definida mostrada tanto en un plana carta o mapa con datos alfanuméricos del interés del estudio, con preeminencia en la abstracción y segmentación de datos que permite su actualización y manejo independiente de otros datos, tal como se muestra en la figura (3.4). Este proceso de abstracción tiene diversos niveles y, normalmente, comienza con la concepción de la estructura de los datos requeridos para el proceso de investigación o estudio, generalmente en capas o niveles de información. En esta fase, y en función de los objetivos y tareas a desarrollar por el respectivo SIG, se define la información a compilar y se seleccionan las capas temáticas a incluir.



**Figura 3.4 Estructura de base de datos.**

### **3.5 Manejo de Sitio Específico**

El concepto de MSE no es nuevo, pero nuevas herramientas de alta tecnología hacen más fácil manejar distintas áreas en los lotes de forma diferencial. Las tecnologías de precisión incluyen sistemas de posicionamiento global diferencial (DGPS), monitores de rendimiento, sistemas de información geográfica (SIG o GIS), software de computación, y tecnología de dosis variable (VRT). Los muestreos intensivos de suelo y reconocimientos de campo completan el paquete tecnológico (Roberts, 2000).

Definido de una manera simple, el manejo de sitio específico (MSE), o Agricultura de Precisión, es tratar áreas menores dentro de lotes de una manera distinta a la que se manejaría el lote entero. El manejo de sitio específico reconoce e identifica variaciones en tipo de suelo, textura, color, y productividad dentro de los lotes. Luego trata de manejar esa variabilidad en una escala mucho menor que en las prácticas normales. Incluye recolectar, interpretar y manejar gran cantidad de datos agronómicos detallados, de lugares precisos en los lotes en un intento de ajustar y mejorar la eficiencia de la producción de cultivos (Doerge, 1999).

### **3.6 Variabilidad**

La variabilidad de las propiedades del suelo es una condición inherente al mismo, debido a que en su formación intervienen varios procesos diferentes que, a su vez, están controlados por los factores de formación (clima, material parental, organismos, relieve y tiempo). Estas interacciones pueden ser muy variadas dando como consecuencia una alta cantidad de suelos posibles (Jaramillo, 2011).

Dentro de un campo de cultivo con manejo agronómico homogéneo, la variabilidad de las propiedades químicas, biológicas y físicas del suelo usualmente conduce a diferencias en el crecimiento y desarrollo de las plantas, y por ende en el rendimiento del cultivo (Srinivasan, 2006; Rodríguez *et al.*, 2008).

Los mapas de rendimiento permiten cuantificar la variabilidad de rendimiento existente durante la cosecha de un cultivo dentro del lote, quedando grabada espacialmente.

Pero con el mapa de rendimiento de un año no es suficiente para caracterizar ambientes ya que se puede prestar para múltiples errores de interpretación (Blackmore, *et al.*, 2003; Kaspar, *et al.*, 2003). Por lo tanto, es necesario la búsqueda de factores con mayor estabilidad espacio temporal que permitan explicar la variabilidad del rendimiento (Mackinion, *et al.*, 2010).

### **3.6.1 Variabilidad espacial**

Se entiende como los cambios sufridos a lo largo del terreno de cultivo. Estos cambios se pueden ver, por ejemplo, en un mapa de rendimiento, para lo cual es necesario recopilar datos en posiciones precisas. Para localizar estas posiciones en latitud y longitud se utiliza un sistema DGPS (GPS diferencial), al tiempo que se van recopilando otros datos de interés que mantengan una relación espacial, como pueden ser la calidad del suelo, cantidad de agua en el terreno, densidad del cultivo con ello se busca obtener mapas que resulten representativos del terreno y de utilidad para el agricultor (Kreimer, 2003).

### **3.6.2 Variabilidad temporal**

La variabilidad temporal es el resultado de comparar un determinado número de mapas del mismo terreno a través de los años. Al interpretar este tipo de variabilidad se obtienen deducciones, pero aun así pueden obtenerse mapas de tendencias que muestren características esenciales (Kreimer, 2003).

### **3.6.3 Variabilidad predictiva**

Este tipo de variabilidad está más relacionada con los errores de administración, como por ejemplo, los precios estimados para la venta. Ésta puede ser calculada midiendo la diferencia entre los valores esperados y los valores realmente logrados (Kreimer, 2003).

### 3.7 Mapas de diagnósticos

Para los mapas de Diagnóstico se utilizan métodos cartográficos para representar los resultados de la evaluación de los suelos de una determinada región. Se delimitará el área geográfica, además se efectúa una recopilación de toda la información existente de la zona. Inventario de recursos (suelo, clima, topografía, vegetación y uso del suelo). Se hace un estudio de la interpretación de fotografías aéreas y manejo de mapas (Martínes, 2013).

### 3.8 Mapas de Rendimiento

Los Mapas de Rendimiento (MR) son imágenes geo-referenciadas con una escala de colores que indican el rendimiento de un punto en específico. Por lo general, son desarrollados por científicos y especialistas de la agricultura, donde los interesados (agricultores, cosechadores y productores) deben pagar un precio alto para obtenerlos (Figura 3.5). Los MR son entradas para el proceso de aplicación de Dosis Variable (DV) de los distintos químicos que necesita un cultivo (fertilizantes, herbicidas, riegos, etc.). Las cosechadoras, fertilizadoras, y otras maquinarias, necesitan de la instalación de un Computador de Abordo para el control y monitoreo, también es válido el uso de sensores de flujo para medir y registrar el rendimiento puntual (Lago, 2011).

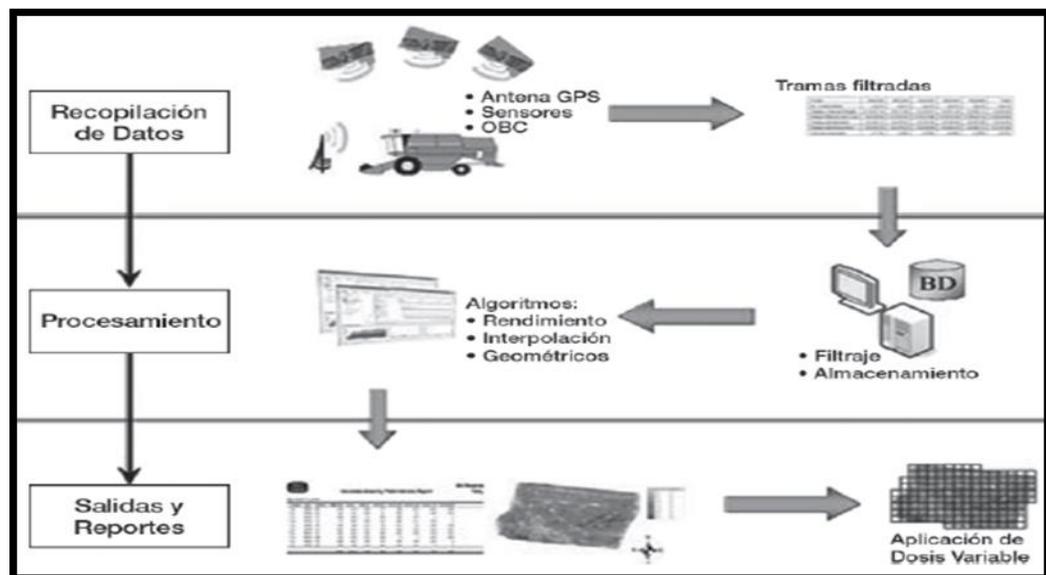
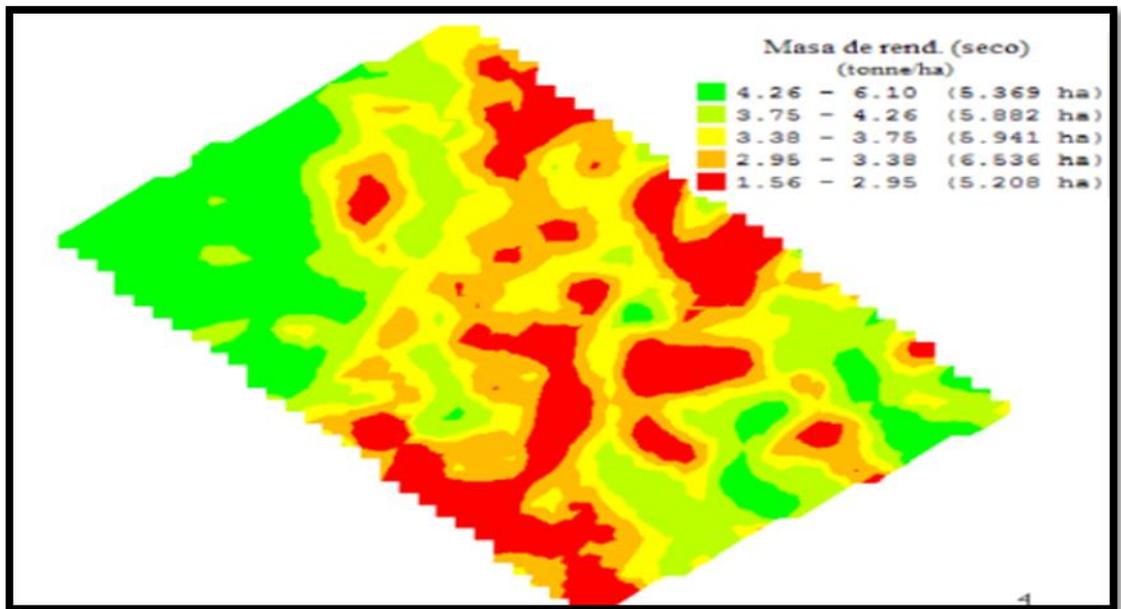


Figura 3.5 Proceso para generar mapas de rendimiento.

Los mapas de rendimiento son una importante fuente de datos que nos permiten cuantificar la variabilidad de nuestros lotes, el rendimiento a través de los años, analizar ensayos de nuestros campos. En la actualidad hay en el mercado monitores que envían sus datos de rendimiento y telemetría de la cosechadora a un servidor web. También nos permite observar el trabajo de la cosechadora en el mismo momento de la cosecha, lo que permite evitar errores por mal funcionamiento si el operario no lo supo identificar (Figura 3.6). El error promedio de una cosechadora bien calibrada suele ser bastante bajo (cercano al 3%) lo que garantiza datos muy confiables (Méndes, 2007).



**Figura 3.6 Mapa de rendimiento mediante la medición del flujo de masa de grano a través de las cosechadoras (Méndes, 2007).**

El Mapa de Rendimiento produce información detallada de la productividad del campo y brinda parámetros para diagnosticar y corregir los problemas de bajo rendimiento en algunas áreas del campo o estudiar las causas por las cuales el rendimiento es más elevado en algunas zonas del terreno. Un monitor de rendimiento es un sistema que recoge la información procedente de distintos sensores y con la ayuda de un software calcula el rendimiento de un cultivo en el tiempo y en el espacio, basándose en la información de localización de cada parcela proporcionada por el sistema GPS (García y Flego, 2005).

El uso de mapas de rendimiento nos ayuda a tomar decisiones de manejo de los resultados que surgen de analizar ensayos que pueden realizarse en el campo como lo son: ensayos de híbridos, variedades, dosis de fertilizantes, cuerpos de siembra, velocidad de siembra, tipo, momento y dosis de agroquímicos, etc. o sino como sistema de control de las actividades de siembra, fertilización, pulverización, cosecha (INTA, 2004).

### **3.9 Mapas de prescripción**

Conocer en detalle la variabilidad química y física de los suelos permite ajustar los planes de nutrición a una tasa variada. Su correlación con la productividad puede tener mayor o menor impacto según los suelos: por ello, conocer el tipo de suelos ayuda a complementar las recomendaciones e interpretar los mapas de productividad. Para construir los mapas de recomendación es necesario tener los análisis de suelos debidamente estructurados con protocolos de almacenamiento de datos que permitan ajustarlos, depurarlos y filtrarlos con calidad de información (Mosquera, 2011)

Los datos recogidos a través de las diferentes capas de información pueden ser: mapas de rendimiento de cultivos anteriores, fotografía aérea, mapas topográficos, imágenes satelitales, experiencias anteriores del productor o bien mapas de suelo de áreas homogéneas, todo permite definir dentro de un lote sitios con potencialidad de rendimiento muy diferentes, bien definidas. Si el área y las diferencias de rendimiento justifican agrónomica y económicamente el tratamiento diferencial de los insumos, se podría comenzar con la siguiente etapa que consiste en la caracterización de los ambientes y posterior diagnóstico de la aplicación de insumos (semilla y/o fertilizante) en forma variable, estos cambios de dosis y densidades pueden lograrse dado que existen en el mercado navegadores, controladores, actuadores y GPS que posibilitan realizar los cambios de dosis y densidades en tiempo real siguiendo prescripciones o recomendaciones que son cargadas previamente en monitores de máquinas inteligentes. La aplicación variable de insumos siguiendo una prescripción agronómica puede realizarse en forma automática con el uso del GPS (INTA, 2005).

Se obtienen de imágenes aéreas geo-referenciadas del lote, tomadas previamente para reflejar la densidad de malezas real presente en el lote. La clave para describir adecuadamente

la variabilidad de las propiedades químicas del suelo que limitan el rendimiento es la obtención de muestras espacialmente dependientes para la interpolación y generación de mapas. A partir de estas imágenes y mediante el uso de un software GIS, se puede generar un mapa que nos permita delimitar las zonas afectadas por malezas. Los mapas de rendimiento sirven para evaluar si realmente el factor limitante de la producción (nutriente) fue eliminado o si además existen otros factores que impiden la respuesta aplicada. Para un correcto mapeo de rendimiento debe utilizarse un software especializado (Martínez, 2013).

La forma más generalizada es realizar un diagnóstico del problema y elaborar un mapa de prescripción, el cual tiene asociado una tabla de prescripciones acorde con las posibles variantes que determina el diagnóstico. Este mapa con su tabla se incorpora al aplicador de dosis variable, el cual mediante el GPS va identificando en que área del campo se encuentra y aplica la dosis que está definida en la prescripción para esa área. (Esquivel *et al.* 2008).

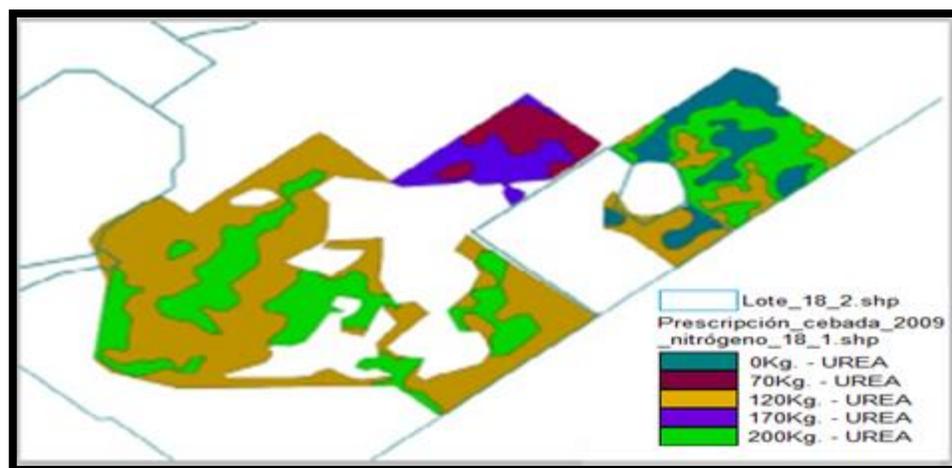
Para la interpretación de datos de laboratorio existen valores de referencia expresados en tablas, donde se diferencian los niveles óptimos de aquellos que no lo son y conjuntamente con el potencial de rendimiento extraído, de los mapas de rendimiento, se realiza la recomendación de aplicación por zona. Los resultados de recomendación de fertilización y siembra por zonas se utilizan para realizar la prescripción. Cuyos datos de prescripción se incluyen a un mapa electrónico geo-referenciado que contiene la receta a aplicar en cada zona, y a través de la cual el implemento relaciona su ubicación con la dosis a aplicar y acciona los variadores en forma automática (INTA, 2011).

Todas las aplicaciones variables, ya sea de siembra o de fertilización, tienen un camino en común que comienza con la generación de un mapa, o prescripción, con las dosis que contiene las cantidades de insumos (semilla, fertilizante, etc.) que debe tirar la máquina por ambiente. Esta prescripción debe ser interpretada por el monitor de aplicación de la sembradora o fertilizadora y una vez cargada la prescripción y calibrado el equipo, la máquina esta lista para entrar en el lote a realizar la aplicación variable. A medida que va trabajando, todos los monitores de aplicación variable (y en algunos casos los monitores de aplicación fija), van generando un mapa de aplicación que irá reportando la labor (AGRO, 2014).

GeoAgro GIS es un software que permite ordenar, visualizar, generar y editar información geográfica por capas. Es el primer Sistema de Información Geográfica desarrollado especialmente para el campo. Desarrollado en base al conocimiento y la experiencia de especialistas.

La aplicación variable de insumo es la etapa fundamental de la agricultura de precisión. En vez de aplicar una misma cantidad de insumos para todo el lote, se dosifican de acuerdo al potencial productivo de cada ambiente, permitiendo hacer un uso eficiente de los mismos (semillas, fertilizantes, etc.). En esta instancia también es clave GeoAgroGIS, ya que facilita la elaboración del llamado mapa de prescripción, donde se asignan las diferentes dosis por ambiente. Este mapa se carga en las sembradoras o fertilizadoras equipadas con sensores de dosificación variable, que realizan el trabajo a campo (GEOAGRO, 2012).

Partiendo de los mapas de productividad o de ambientes y contando con los resultados de los análisis de laboratorio de los muestreos de suelo, el agrónomo o técnico responsable de la producción define las dosis de insumos a aplicar en cada zona según su potencial productivo. Con estos datos generamos los mapas de prescripciones de insumos en dosis variable, como se muestra en la figura (3.7). Este mapa es ingresado a la computadora de la sembradora, pulverizadora y fertilizadora para la aplicación de insumos con variación automática (RASTROSGIS, 2010).



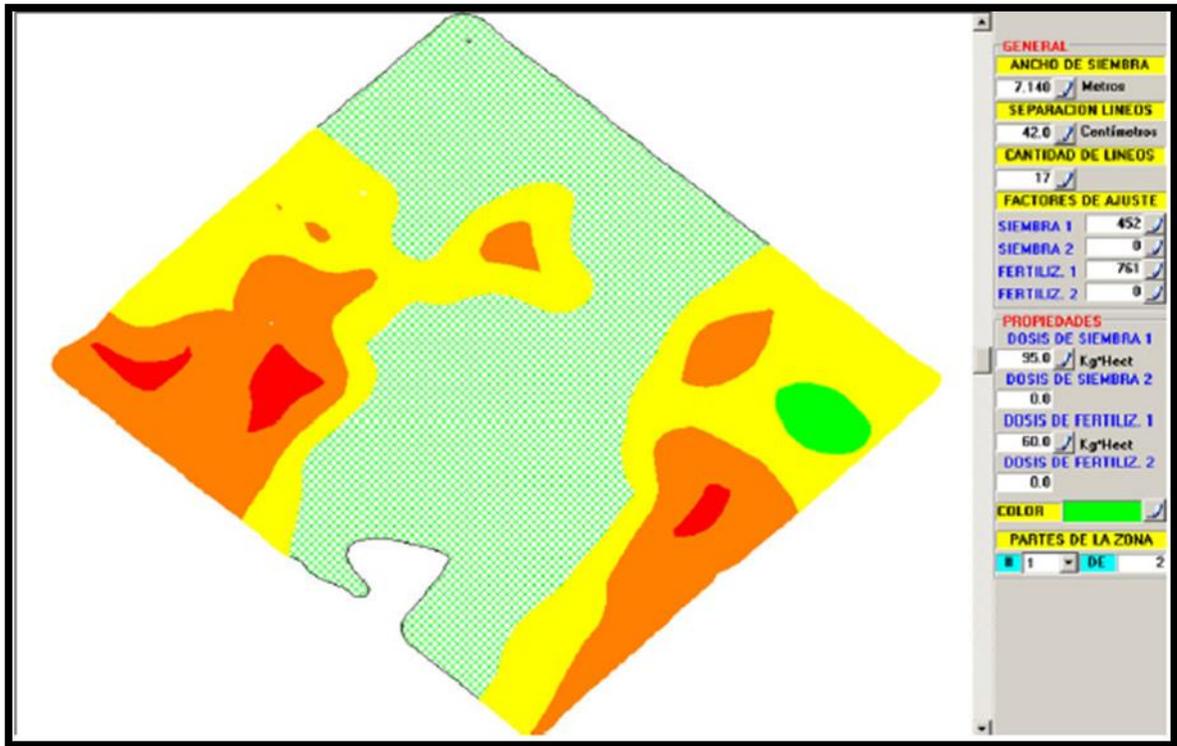
**Figura 3.7 Mapa de Prescripción.**

Las zonas más productivas de cada lote, recibirán en la siembra, una mayor cantidad de semillas por hectárea y mayor cantidad de fertilizantes, ya que la extracción de nutrientes será mayor. Esta distribución de los insumos dependiendo de las características de cada ambiente se hace mediante un profundo estudio y análisis agronómico que se plasma, mediante un software denominado SIG en un mapa de prescripción que es, en definitiva, donde queda definida esta distribución des-uniforme (RURAL, 2011).

Según Damián (2011), un manejo por ambientes se puede aplicar menor cantidad de insumos para reducir los costos, y de esta manera aumentar el margen económico en las zonas con menor potencial; o se pueden obtener mayores rendimientos aplicando más insumos en las zonas con mayor potencial, lo que también mejoraría la relación costo-beneficio.

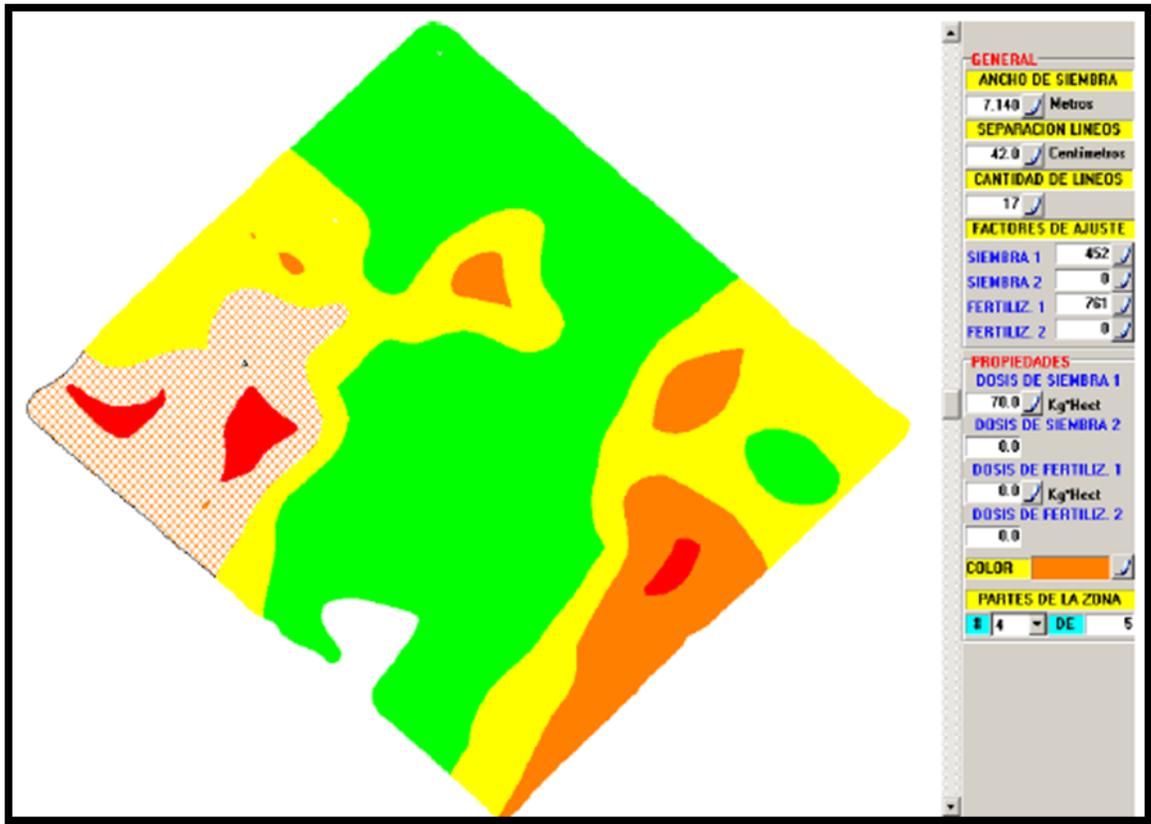
Como se mencionó anteriormente, esto requiere el uso de sembradoras con sistema de dosis variable, las cuales por medio de “Mapas de Prescripción” aplican las cantidades de fertilizante y semilla deseadas en las zonas indicadas.

En la figura (3.8), se ve el mapa de prescripción de una sembradora con dosis variable de semilla y fertilizante, la que aplicará en este caso, en la zona de mayor potencial 95 Kg/Ha. de semilla y 60 Kg/Ha de fertilizante.



**Figura 3.8 Mapa de dosis variable para la sembradora, detalle de dosis para zona de alto potencial.**

En la figura (3.9), se ve el mismo mapa de prescripción, pero mostrando las dosis a aplicar en la zona de menor potencial (solamente 70 Kg/Ha. de semilla).



**Figura 3.9. Mapa de dosis variable para la sembradora, detalle de dosis para zona de bajo potencial.**

Con este manejo de dosis variable el Margen Bruto del cultivo (\$/Ha.) dependerá del Rendimiento (Kg/Ha.), pero también será mejorado por la reducción de los costos en algunos sectores y por el mejor aprovechamiento de los insumos en zonas de mayor potencial.

### **3.10 Dosis variable**

La aplicación con dosis variable requiere dotar a las diversas máquinas de una tecnología específica que logre variar la cantidad de producto a aplicar en función de la señal que esté recibiendo en cada momento. Para ello existe distinta tecnología que varía en función del tipo de máquina o labor a realizar. Dentro de las operaciones más comunes en las que se realiza distribución variable se encuentran la siembra, la aplicación de abono y de herbicida. Aunque la primera está menos desarrollada que las dos últimas. Para la distribución variable de semillas se suelen utilizar mecanismos que actúan en la distribución de semilla, bien variando su apertura, aumentando o disminuyendo su caudal más utilizado en sembradoras de chorrillo o su velocidad de giro, más común en las de precisión que varía la velocidad de giro de los platos que distribuyen las semillas (Agüera y Márquez, 2012).

La dosificación variable de insumos es una herramienta que permite variar la cantidad de semillas y fertilizante en tiempo real en función de las características del suelo y del rendimiento del cultivo o de los cultivos antecesores. De esta manera, al realizar una aplicación variable de insumos se optimiza los recursos y preserva el medio ambiente, con el objetivo de lograr una mejor sustentabilidad agropecuaria.

El manejo de cultivo con dosis variable es el uso de la variabilidad del suelo y parámetros de cultivo para tomar decisiones en la aplicación de insumos. Los sitios pueden presentar distintos tipos de variabilidad: por topografía, por génesis de suelo, por distinto tipo de manejo, etc. Mientras más diferencias potenciales de rendimiento tengan esos sitios, existe mayor posibilidad de que la aplicación variable de los insumos obtenga mejores resultados. (Ortega y Santibáñez., 2007).

La Tecnología de Dosificación Variable (VRT) posibilita realizar los cambios de dosis y densidades en tiempo real siguiendo prescripciones o recomendaciones que son cargadas previamente en monitores de máquinas inteligentes. La aplicación variable de insumos siguiendo una prescripción agronómica puede realizarse en forma automática con el uso del GPS o en forma manual por medio de un operario conocedor de la variabilidad espacial del lote.

Según Koch *et al.*, (2004) establece que el potencial de mejora de la rentabilidad debido a la aplicación variable de insumos depende de una correcta toma de decisión en la dosis a aplicar y se debe partir de un correcto diagnóstico, para lo cual es necesario seguir una serie de pasos fundamentales.

1. Delimitación de las zonas de manejo.
2. Programación del muestro con GPS (por zonas).
3. Muestreo de Suelo.
4. Análisis físico-químico de las muestras.
5. Determinación del rendimiento objetivo basado en experiencias anteriores.
6. Recomendaciones de manejo de insumos según zonas.

La idea es relativamente simple. Comienza con información oportuna precisa, ej. Varios años de mapas de rendimiento, datos de análisis de suelo, ubicación de infestación de malezas, etc. Se realiza un mapa de prescripción utilizando un software GIS, y el aplicador variable acoplado a un DGPS aplica la dosis correcta de semilla, herbicida o fertilizante exactamente donde se necesita y al mismo tiempo se está cuidando del medio ambiente.

### **3.11 Controlador FmX**

La pantalla integrada Trimble FmX, que consiste tanto uso de software como de hardware, es un avanzado sistema de administración de datos de campo. El software se ejecuta en una pantalla táctil LCD en color de 30 cm (12 pulgadas).

El sistema de control inteligente pantalla FmX ha sido uno de los controladores muy eficiente ya que ofrece estas ventajas: La pantalla integrada FmX ayuda a controlar y registrar información de lote en tiempo real. Es una pantalla de guía avanzada con varias aplicaciones para la agricultura de precisión: desde el registro de datos básicos hasta operaciones avanzadas tales como control de aplicación, nivelación de terreno o drenaje, cosecha, desde guía a dirección y control de dosis a monitoreo de semilla.

Martínez (2013), obtuvo la elaboración de cinco manuales para la operación y funcionamiento del controlador FmX, de los cuales el primer manual elaborado consistió en el

uso y manejo de la pantalla FmX, los manuales restantes contienen la información y pasos a seguir para la generación, edición, registro y presentación grafica de mapas dentro de los programas Arcview 3.2, GS+ v5 y un software de prescripción FarmWorks Office.

Cuervo (2014), obtuvo un manual para la manipulación de control de profundidad con el controlador FmX, en el cual describe los pasos a seguir para una prescripción de profundidad variable con la válvula mandando la señal con la pantalla FmX, en este método se definieron 15 MBP (Master Bench Point), para diferentes profundidades de laboreo que fueron entre 20 cm, 30 cm y 40 cm. Dicho proceso se llevó a cabo con el sistema de control automático conformado por la pantalla FmX, la estación base RTK, los actuadores hidráulicos y la electroválvula Danfoss.

## IV. MATERIALES, EQUIPOS Y MÉTODOS

### 4.1 Ubicación del sitio experimental

El desarrollo de este trabajo de campo se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en el Departamento de Maquinaria Agrícola. Se utilizó un predio de 1.12 hectáreas. Figura 4.1



Figura 4.1 Ubicación de la parcela

### 4.2 Software

- Farm Works Mapping de Trimble
- Simulador FmX

#### **Farm Works Mapping de Trimble**

Es un software que permite una gestión avanzada para la administración de campos y clientes, acceso a herramientas básicas de contabilidad para controlar los factores de flujo de efectivo del día a día, importación y creación de mapas de rendimiento, análisis de muestras

de suelo, mapas de aplicación de agroquímicos y fertilizantes, tipos de suelo, drenaje, fotos y otros datos de importancia.

### **Simulador FmX**

Es una herramienta que permite simular en tiempo real las diferentes facilidades de control de diferentes implementos como dosis variable, control automático y nivelación que realiza la pantalla FmX.

### **4.3 Equipos**

- Pantalla integrada FmX
  - Field IQ
  - Manual Guidance
  - Survey
- Antena de corrección RTK
- Tractor John Deere 6403
- Sembradora neumática de labranza de 4 hileras John Deere 1700

### **Pantalla integrada FmX**

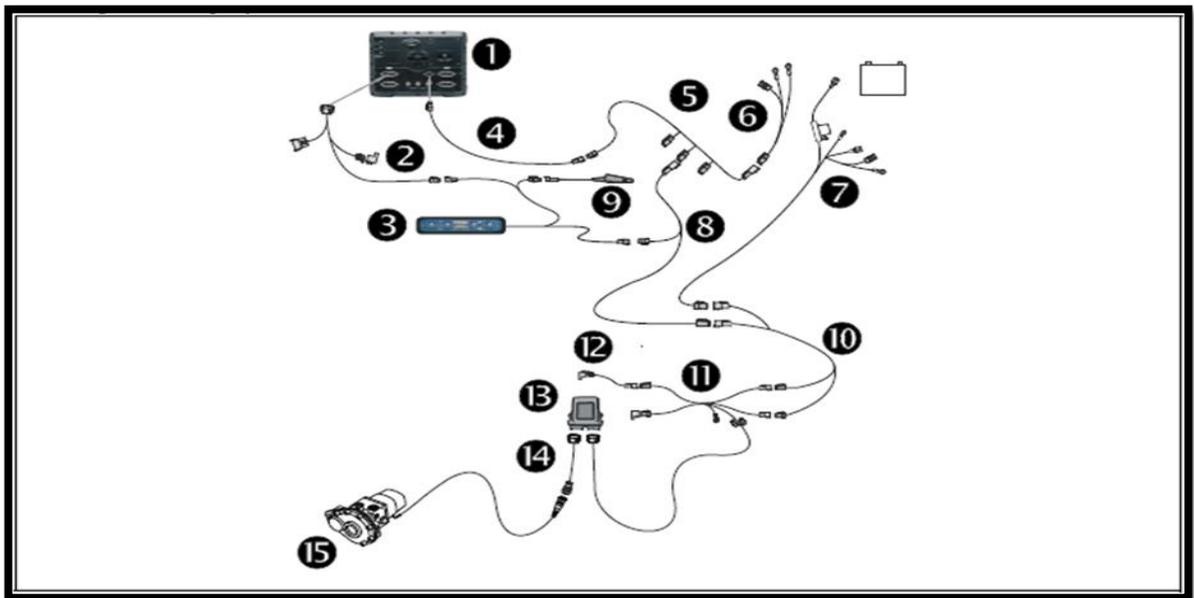
Permite realizar una amplia gama de operaciones de agricultura de precisión. Permite un buen rendimiento y control al contar con un sistema de doble recepción GPS/GNSS que permite actualizar para obtener mejores calidades y rangos de precisión con las señales OmniSTAR, RTX, RTK y GLONASS. Debido a sus prestaciones avanzadas en todas las etapas del ciclo del cultivo, desde la preparación del terreno a la cosecha, aumenta la productividad a lo largo de todo el año. Permite la guía, dirección y registro de varias aplicaciones para agricultura de precisión en actividades como: control de aplicaciones, nivelación y/o drenaje de terrenos, preparación de terrenos, control de equipos de aspersion, siembra y cosecha. Cuenta con la aplicación Field IQ que se utiliza para el control de aplicación de dosis variable, monitoreo de semilla. Para el uso de las aplicaciones se requiere su activación previa siguiendo la metodología descrita en el anexo (A.1). Para configurar el controlador Field IQ en la pantalla FmX anexo C y para configurar el implemento anexo D.

OmniSTAR: Es un sistema global de transmisión diferencial GPS en tiempo real utiliza una red de estaciones de referencia (o estaciones base) para medir los errores indicados dentro de la señal GPS.

RTX: Combina datos en tiempo real con posicionamiento innovador y con algoritmos de compresión, para proporcionar más de 4 centímetros de precisión repetitiva, con apenas un minuto de convergencia en áreas seleccionadas.

GLONASS: Es un sistema global de navegación por satélite.

En la figura (4.2), se muestra como conectar un sistema Field-IQ a la pantalla FmX.



**Figura 4.2 Conexión Field-IQ a la pantalla FmX.**

En la figura 4.3, se muestra la descripción y número de partes para la conexión Field-IQ a la pantalla FmX.

	Descripción	Numero de pieza
1	Pantalla integrada AgGPS FmX	93100-01
2	Pantalla integrada FmX al cable Field-IQ	75834
3	Caja de interruptores Field-IQ	75050-01
4	Cable de alimentación de la pantalla	66694
5	Canal de energía	67259
6	Cable de alimentación básico	67258
7	Montaje de cable, conexión de energía a enganche	76941
8	Montaje de cables, conexión de la cabina CAN a enganche	77368
9	Interruptor de pedal remoto (opcional)	60490
10	Cable de extensión de alimentación CAN	75528-XX
11	Módulo de cable Rawson	75527
12	Herramienta final del equipo (incluye la P/N 75491)	75526
13	Módulo de control Rawson	75070-00
14	Motor Rawson CPC a cable DTM	75531
15	Un solo piñón Rawson PAR 40 motor	304152

**Figura 4.3 Descripción y Número de partes para conectar el controlador Field-IQ a la pantalla FmX.**

### Field IQ

Es un sistema para el control de secciones y de aplicaciones de dosis variable que evita la superposición de semillas y fertilizantes, controla la dosis de aplicación de productos y monitorea la dosis de semilla o el bloqueo de fertilizante. Controla simultáneamente la dosis de aplicación de hasta seis materiales diferente incluyendo granos gruesos, granos finos, fertilizantes granulados, líquidos y amoníaco anhidro en distintas combinaciones. El control de dosis variable de productos puede conseguirse con un mapa de prescripción VRA (Aplicaciones de tasa variable); o en tiempo real con un sistema GreenSeeker para administrar eficazmente la necesidad de fertilizante de su lote.

El registro del área real tratada indica donde se han aplicado insumos y automatiza los informes de registro.

### Manual Guidance

Las pantallas de guía de Trimble ayuda a monitorear y mapear con precisión la información de campo en tiempo real.

## **Survey**

Es una aplicación de la pantalla FmX usada para mapear campos, crea límites, puntos interiores y las superficies con facilidad, calcula e informa sobre la verdadera superficie de su estudio de la zona-para cobertura de campo óptimo y diseños de superficie precisos. Analiza una vista 3D de los datos de elevación para entender fácilmente la disponibilidad de agua dentro en el lote. Crea mapas de los canales y todo el sistema de tuberías e ingresa información, tal como el tipo de material a usar y el tamaño de la tubería.

## **Antena de corrección RTK**

Del inglés Real Time Kinematic o navegación cinemática satelital en tiempo real, esta es una técnica usada para la topografía y navegación marina basado en el uso de medidas de fase de navegación con señales GPS, GLONAS. Donde una sola estación de referencia proporciona correcciones en tiempo real, obteniendo una exactitud submétrica; es decir la equivocación que puede cometerse en la ubicación es menor a 1 metro. La estación base RTK envía correcciones mediante un transmisor de radio a los receptores móviles que hay en el vehículo. El sistema cuenta con un error de 2.5 cm y un alcance entre el receptor-estación base de 13 km de radio, el receptor tiene la capacidad de mandar mensajes de corrección hasta 5 veces por segundo.

## **Tractor John Deere 6403**

Para este trabajo se utilizó el tractor John Deere 6403 de 101 hp con sistema hidráulico de centro abierto con bombas de engranes a 66.62 litros por minuto y una velocidad nominal del motor de 2100 rpm.

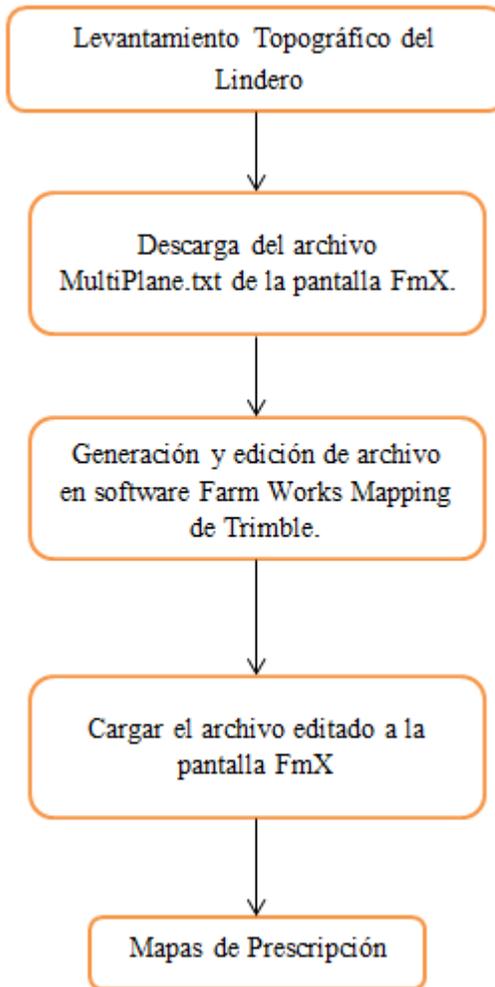
## **Sembradora neumática de labranza de 4 hileras John Deere 1700**

La sembradora 1700 está equipada con un bastidor fijo rígido, perfecto para la siembra de maíz.

#### 4.4 Metodología para la obtención de mapas de prescripción

Actividades realizadas durante el trabajo de investigación para generar mapas de prescripción.

Figura 4.4

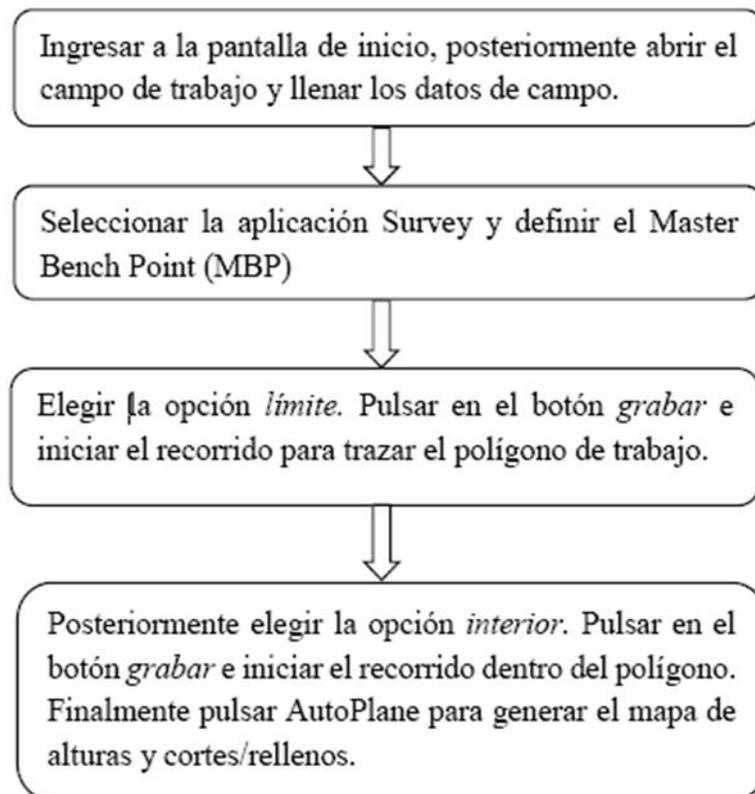


**Figura 4.4 Diagrama del proceso para la obtención del mapa de prescripción.**

#### 4.4.1 Levantamiento topográfico

La metodología que se utilizó esta descrita por (Peláez 2015). El levantamiento topográfico se realiza utilizando la aplicación Survey incluida en la interfaz FmX del sistema de control automático, configurando la altura (distancia del suelo-receptor GPS) de la antena receptora. Se genera un Master Bench Point (MBP) o punto maestro fuera del terreno, luego se define la extensión de la parcela haciendo un recorrido por el borde de la misma, posteriormente se hace un recorrido en el interior del terreno, al finalizar se guarda o se cierra el campo generado y la pantalla guarda automáticamente los archivos en su memoria interna que después podrán ser extraídos en un dispositivo USB. La figura (4.5) muestra el diagrama general del proceso para el levantamiento topográfico.

**NOTA:** (MBP) este punto es el punto de referencia de nuestro terreno, para que una vez que se regrese a campo para realizar las pruebas correspondientes nos ubiquemos fácilmente.



**Figura 4.5 Diagrama para el proceso del levantamiento topográfico.**

#### **4.4.2 Descarga del archivo**

Realizado el perímetro de la parcela y el levantamiento topográfico se procede a la descarga de la carpeta generada por la interfaz FmX que contiene el archivo MultiPlane.txt a una memoria USB.

#### **4.4.3 Generación de mapas de prescripción**

Para generar los mapas de prescripción es necesario que el formato del perímetro de la parcela esté en un archivo MultiPlane.txt. Si se visualizan todos los puntos registrados es probable que los mapas de rendimiento o de información del área real tratada queden muy congestionados y puede resultar difícil ver los patrones de un lote o analizar los datos. Todo esto puede evitarse creando vistas diferentes para cada capa, tales como mapas de cuadrículas y contornos. Antes de crear la vista de contornos o de la cuadrícula de un lote, tenemos que importar los datos del levantamiento topográfico al software Farm Works Mapping de Trimble para poder trabajar con el lindero del lote. Para crear los mapas de prescripción es necesario asignarle un suministro (semillas), y así crear las vistas antes mencionadas, estos mapas también pueden usarse para crear mapas de aplicación de dosis variable, el cual nos permite dividir la parcela y así poder asignar la dosis de aplicación a cada lote.

#### **4.4.4 Cargar el mapa de prescripción a la pantalla FmX**

Para cargar el archivo que se obtuvo en el software Farm Works Mapping de Trimble el cual automáticamente nos lo guarda en archivo Shape (shp), lo cual contiene tres archivos (shp, shx y dbf). No habrá ningún problema al cargar el archivo a la pantalla FmX.

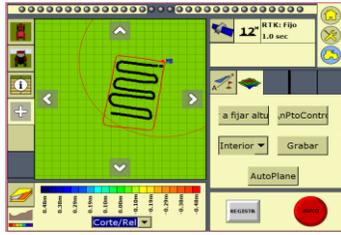
Para ver de forma detallada la metodología consultar el anexo (B.1).

## V. RESULTADO

Se generó un manual que incluye las instrucciones de cómo elaborar los mapas de prescripción en base al archivo de puntos generado por el controlador FmX. Tomando como base de un levantamiento topográfico que se obtuvo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, figura (4.1). El propósito de este manual fue: la edición del archivo obtenido del levantamiento acondicionando el archivo MultiPlane.txt generado por la pantalla FmX, para ser leído por el software Farm Works Mapping de Trimble. Al manual se le aporó detalladamente cada paso para llegar al resultado final.

En la figura 5.1 se especifica el manual a revisar de acuerdo a la metodología empleada para la elaboración del mapa de prescripción.

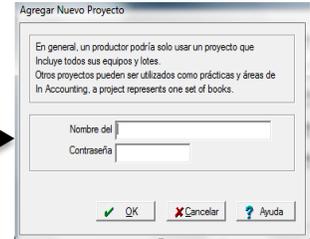
Levantamiento topográfico



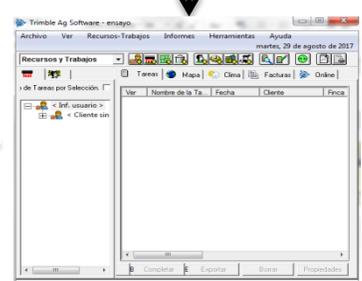
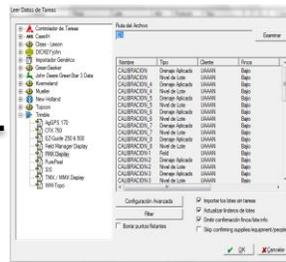
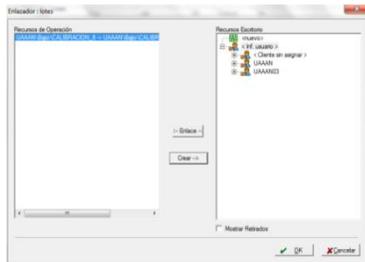
Abrimos el programa Farm Works Mapping



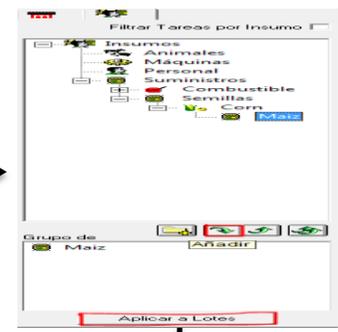
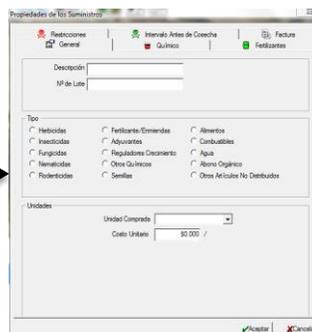
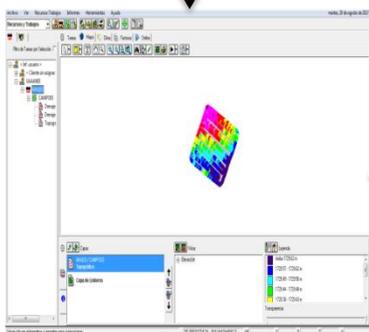
Agregar nuevo proyecto



Leer datos de tarea



Agregar un suministro



Crear Mapa de prescripción con la dosis aplicar

Crear una aplicación

Crear una vista

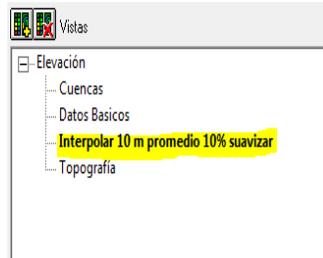
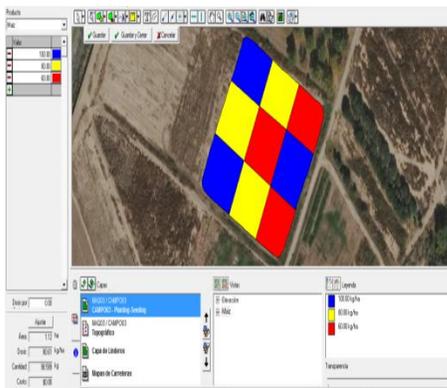


Figura 5.1 Método empleado para la elaboración de los mapas de prescripción.

El objetivo de la elaboración de este manual fue conocer la respuesta de la pantalla FmX una vez que se diera la dosis aplicar y si la pantalla es capaz de reconocer la prescripción.

El manual contiene los siguientes pasos que se llevaron a cabo para asignar una dosis de semilla a cada área del lote y así poder obtener la prescripción deseada.

- Crear un proyecto
- Como leer datos de tarea (parcela)
- Agregar un suministro
- Crear una vista
- Crear una aplicación
- División de la parcela en lotes
- Exportar el mapa de aplicación de dosis variable

## 5.1 Crear un proyecto

Cada vez que inicie el software, aparecerá el cuadro de dialogo Selección del Proyecto.

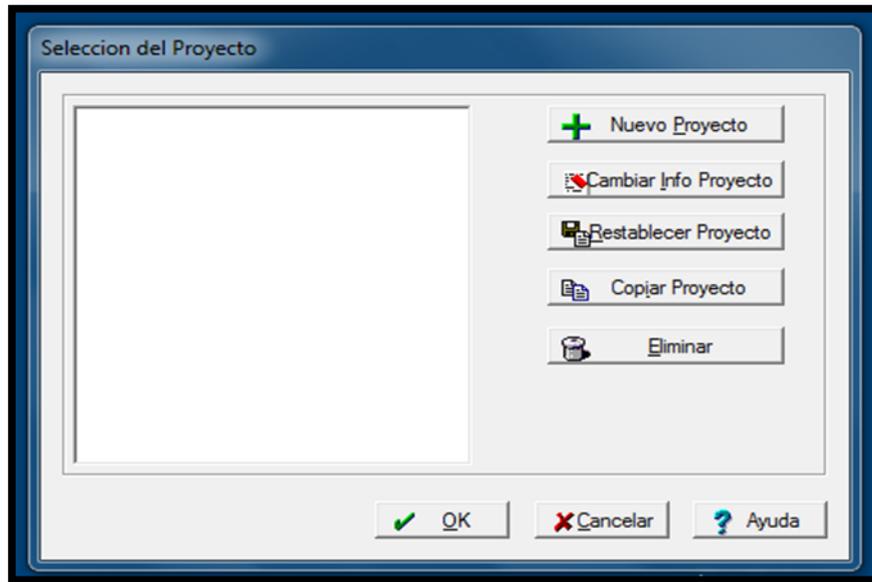


Figura 5.2 Crear un proyecto nuevo.

Cuadro 5.1 Cuadro de diálogo

Haga clic en	Para
Nuevo proyecto	Crear un nuevo proyecto
Cambiar la información del proyecto	Cambiar el nombre y/o la contraseña del proyecto.
Restablecer proyecto	Restablecer una copia de seguridad de un proyecto anteriormente guardado en otro dispositivo de almacenamiento.
Copiar proyecto	Copiar un proyecto o parte de un proyecto.
Eliminar	Eliminar un proyecto

## Para crear un proyecto nuevo:

1. En el cuadro de diálogo Selección del Proyecto figura 5.3 haga clic en Nuevo Proyecto.

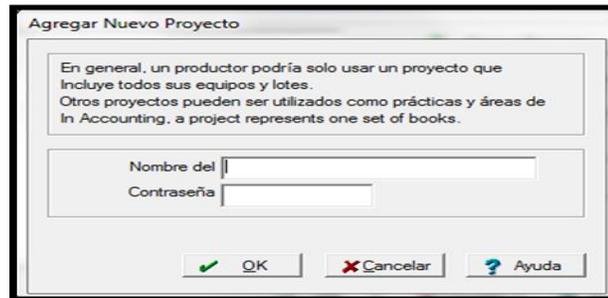


Figura 5.3 Agregar nuevo proyecto.

2. En el cuadro de diálogo Agregar Nuevo Proyecto, ingrese un nombre para el proyecto nuevo. Asimismo, puede ingresar una contraseña (opcional). Las contraseñas son sensibles a mayúsculas y minúsculas y pueden tener hasta ocho letras y números, pero no deben incluir ningún símbolo especial, tal como (@) ó (~). Si no se requiere una contraseña, deje el campo Contraseña en blanco.
3. Haga clic en OK para volver al cuadro de diálogo Selección del Proyecto.
4. El cuadro de diálogo Selección del Proyecto, muestra el nombre del proyecto (figura 5.4). Para abrir el proyecto, asegúrese de resaltar el nombre del proyecto correcto y haga clic en OK.

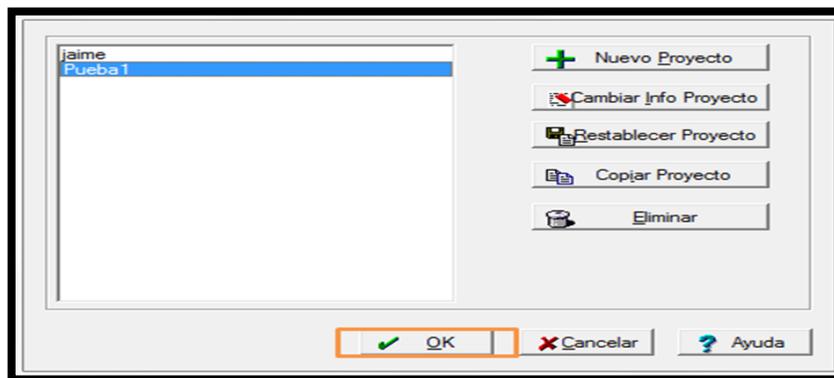
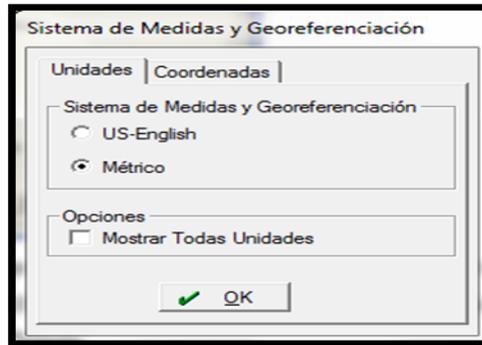


Figura 5.4 Agregar nuevo Proyecto.

## Selección del sistema de unidades de medida

La primera vez que abra el programa, se le pedirá que seleccione un sistema de unidades de medida.

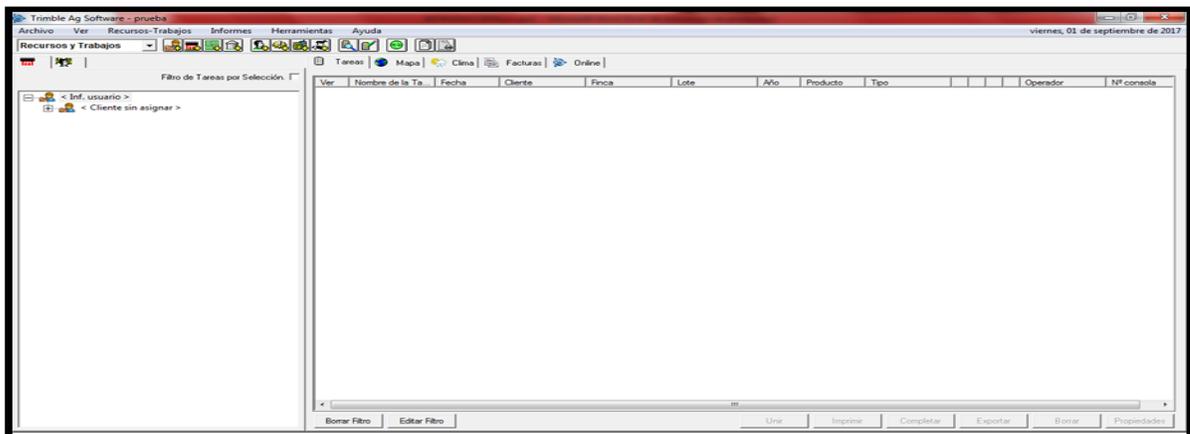


**Figura 5.5 Sistema de Medidas y Georeferenciación.**

Seleccione la opción que corresponda y haga clic en OK. Las opciones son:

- US-English (EE.UU.-Inglés o sistema imperial estadounidense).
- Metric (Métrico).
- Show All Units (Mostrar todas las unidades). Aquí se muestran unidades en el sistema métrico y en el sistema imperial —el software usa la primera selección (US-English o Metrics) para las medidas de área y distancia, pero muestra las medidas de volumen tanto en el sistema métrico como en el imperial.

El software crea un proyecto nuevo en blanco para que empiece a trabajar.



**Figura 5.6 Proyecto en blanco.**

## 5.2 Como leer datos de tarea (parcela)

Use la opción Leer Datos del Trabajo para importar datos de agricultura de precisión, tales como mapas de rendimiento y mapas del área real tratada. Inserte la unidad USB con la información de la pantalla de agricultura de precisión que contenga el mapa de lindero en archivo MultiPlane.txt y seleccione Leer Datos del Trabajo.

1. En el menú Archivo, seleccione Leer Datos del Trabajo o haga clic en el icono de importación de datos de un  trabajo en la barra de herramientas.
2. En la columna izquierda del cuadro de diálogo Leer Datos del Trabajo, haga clic en + al lado del tipo de monitor con el que registró los datos y seleccione el tipo de datos particulares. De esta manera se filtrarán los archivos mostrados en el lado derecho del cuadro de diálogo para que sólo se visualicen los tipos de archivos seleccionados.
3. En Ruta del Archivo, haga clic en Examinar para buscar la tarjeta de memoria o la carpeta donde guardó los datos de rendimiento o información del área real tratada.
4. Seleccione el archivo correspondiente. Para seleccionar los trabajos a importar, resalte cada uno de ellos. Para seleccionar múltiples archivos, mantenga presionada la tecla [Ctrl] mientras selecciona.
5. Elija una de las siguientes opciones.
  - Delete fly away points (Borrar puntos flotantes) para filtrar todos los puntos que no estén en el lote debido a datos GPS malos. Es la opción recomendada.
  - Import Fields Without Tasks (Importar los lotes sin tareas) permite importar nombres de lotes establecidos en el monitor y en la lista de clientes, fincas y lotes sin tener que registrar primero un trabajo para ese lote.
  - Update Field Boundaries (Actualizar linderos de lotes). Para ciertos monitores, esta opción permite actualizar los linderos registrados y guardados en la tarjeta de memoria al importar los trabajos.
  - Skip confirming Farm/Field Information (Omitir Confirmación de Información de Finca/Lote). Seleccione esta opción para agregar nuevos clientes, fincas y lotes a la ficha *Farm* (Finca) sin tener que confirmar cada vez el nombre de un cliente, finca o lote.

- Skip confirming Supplies, Equipment and People (Omitir Confirmación de Suministros, Equipo y Personas). Seleccione esta opción para agregar nuevos suministros, equipo y personas a la ficha *Inputs* (Ingresos) sin tener que confirmar cada vez el nombre de cada uno.

6. Clic en OK. Se muestra el progreso de la importación a medida que se leen los archivos.

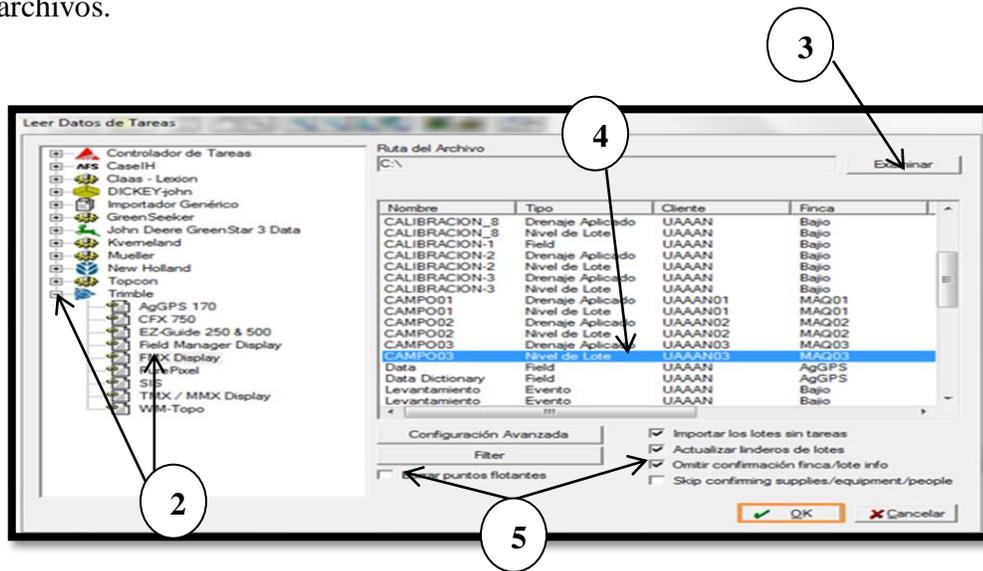


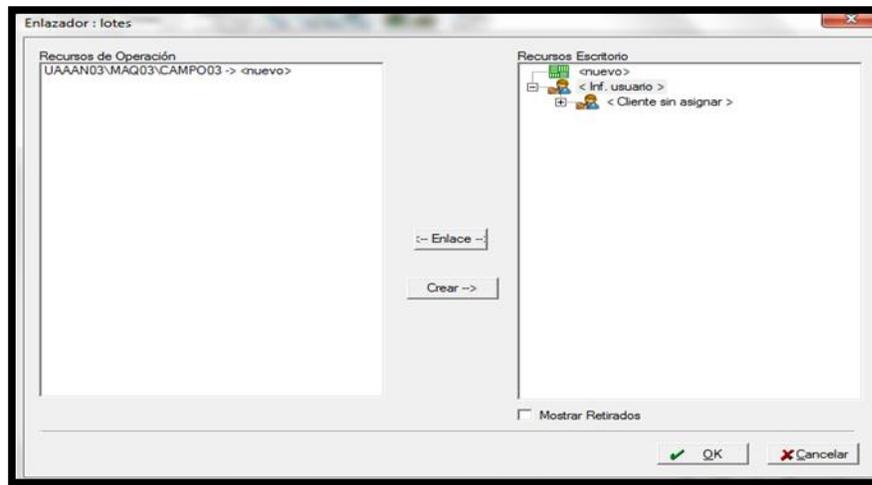
Figura 5.7 Leer Datos de Tarea.

7. Seleccione un elemento de *Operation Resources* (Recursos de Operación) y haga uno de lo siguiente, Figura 5.8:

- Si se trata de un elemento nuevo, haga clic en Create (Crear) e ingrese toda la información correspondiente en la pantalla que aparece. De esta manera se crea un nuevo recurso en el software de escritorio. Si seleccionó la casilla de verificación *Skip confirming Farm and Field information* (Omitir confirmación de información de finca y de lote), el programa creará automáticamente esos clientes, fincas y lotes en la ubicación que corresponda.
- Si el elemento es igual que el ya listado en *Desktop Resources* (Recursos Escritorio), resalte ambos recursos y haga clic en Link (Enlace).

- Si el recurso no aparece en *Desktop Resources*, (Recursos Escritorio), es posible que se haya retirado: Seleccione *Show Retired* (Mostrar Retirados).

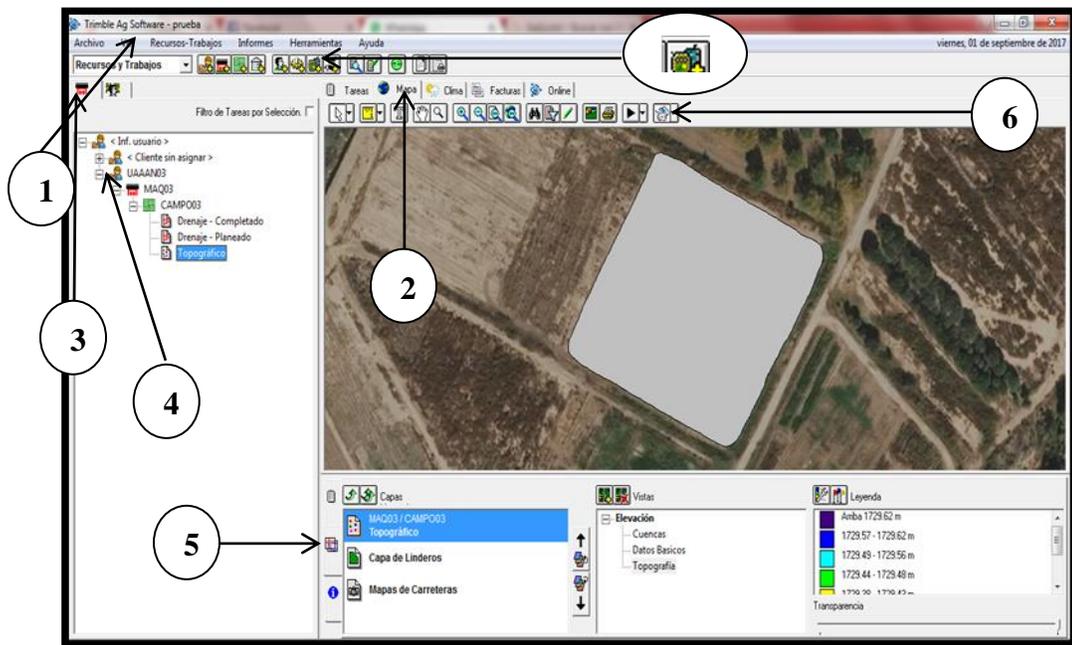
8. Una vez vinculado, haga clic en OK Figura 5.8.



**Figura 5.8 Enlazador: lotes.**

9. Para ver el mapa importado, Figura 5.9

1. Asegúrese de que se ha habilitado *Mostrar Trabajos en Áreas Terreno* (Show Jobs in Land Areas) en el menú Ver.
2. Seleccione la ficha Mapa para poder ver el archivo importado. 
3. En la ficha Finca, ubique el trabajo en el lote o finca correspondiente. 
4. Haga doble clic en el trabajo que tenga los datos de rendimiento o de área real tratada a visualizar en el mapa.  UAAAN03
5. Clic en el icono para mostrar la capa de lindero. 
6. Clic en el icono para visualizar Carreteras y Calles. 



**Figura 5.9 Lindero del lote, importado.**

### 5.3 Agregar un suministro

Puede mantener información completa de todos los suministros aplicados a sus lotes, por ejemplo, semillas, fertilizantes, insecticidas, y otros productos químicos.

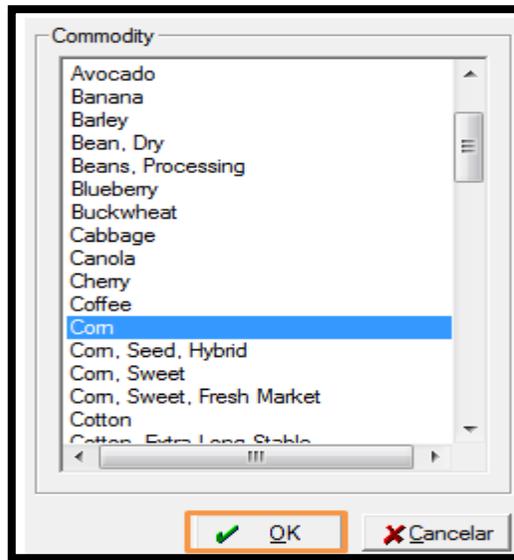
1. Haga clic en el icono de Nuevo suministro. Figura 5.9 
2. Ingrese la información deseada en las fichas, Figura 5.10.
  - Ingrese el nombre del suministro, en este caso Semillas
  - Producto, Añadir/Editar.

**Figura 5.10 Propiedades de suministro.**

3. En el cuadro de diálogo, haga clic en agregar para poder seleccionar el producto, Figura 5.11.

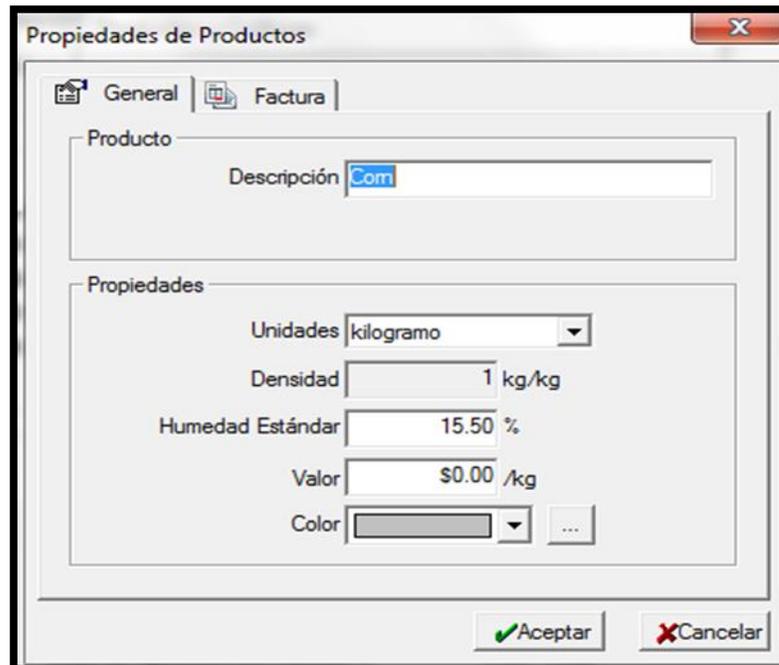
**Figura 5.11 Producto y Cultivo.**

4. En el cuadro de diálogo, seleccione el producto y haga clic en OK.



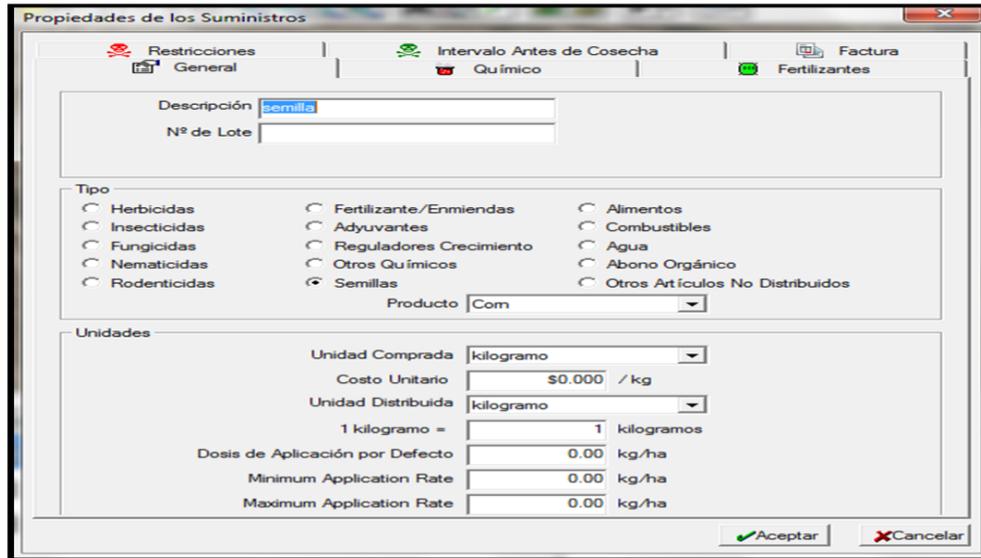
**Figura 5.12 Asignar Producto.**

5. Ingrese las propiedades del producto y haga clic en Aceptar.



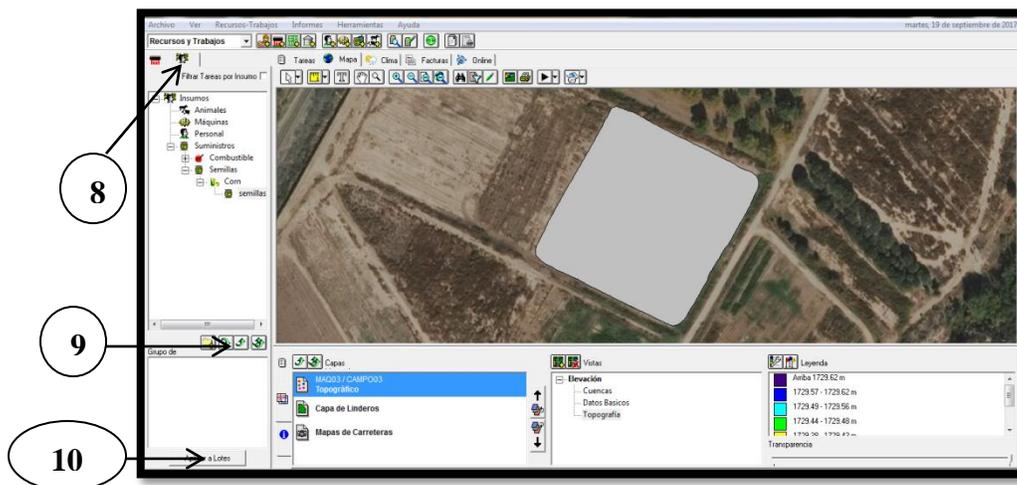
**Figura 5.13 Propiedades del Producto.**

6. En el cuadro de diálogo, productos y cultivos haga clic en OK.
7. En el cuadro de diálogo, Figura 5.14, propiedades de los suministros ingrese o cambie la información según corresponda y haga clic en Aceptar.



**Figura 5.14 cuadro de diálogo Propiedades de Suministro.**

8. Haga clic en el icono, para mostrar los insumos.
9. Haga clic en el icono, para añadir los insumos.
10. Haga Clic en Aplicar a Lotes.



**Figura 5.15 Agregar suministro**

- Haga clic en + para expandir el árbol, haga clic en la casilla continua a los lotes para los que planea el trabajo y haga clic en Registrar Trabajos Planeados.

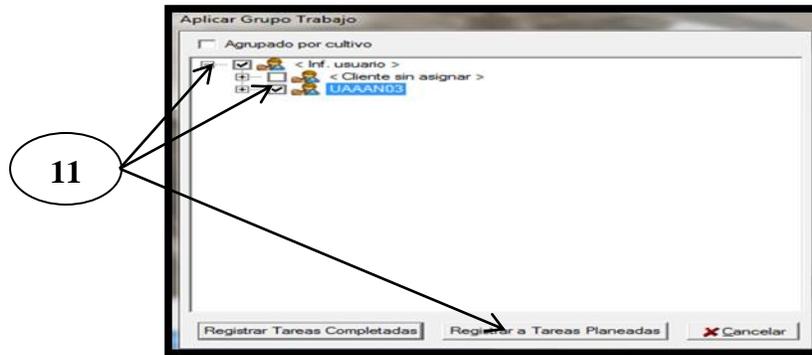


Figura 5.16 Aplicar Grupo de Trabajo.

- Haga clic en Cultivo de la Empresa, añadir seleccione el producto y año actual clic en OK. **Cultivos de la Empresa** ▼
- Haga clic en Tipo de Tarea, en este caso vamos a añadir planting-seeding porque aplicaremos una dosis de semilla. **Tipo de tarea** ▼
- Clic en OK.

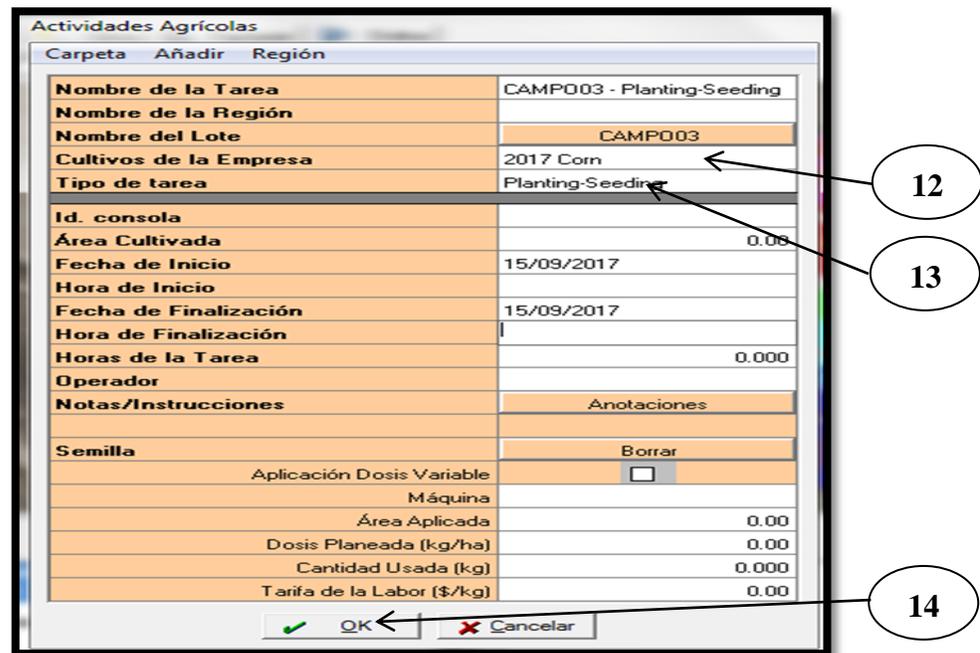


Figura 5.17 Actividades Agrícolas.

## 5.4 Crear una vista

1. Seleccione la vista a partir de los cuales crear el mapa VRA.
2. Haga clic en el icono, para crear una nueva vista. 

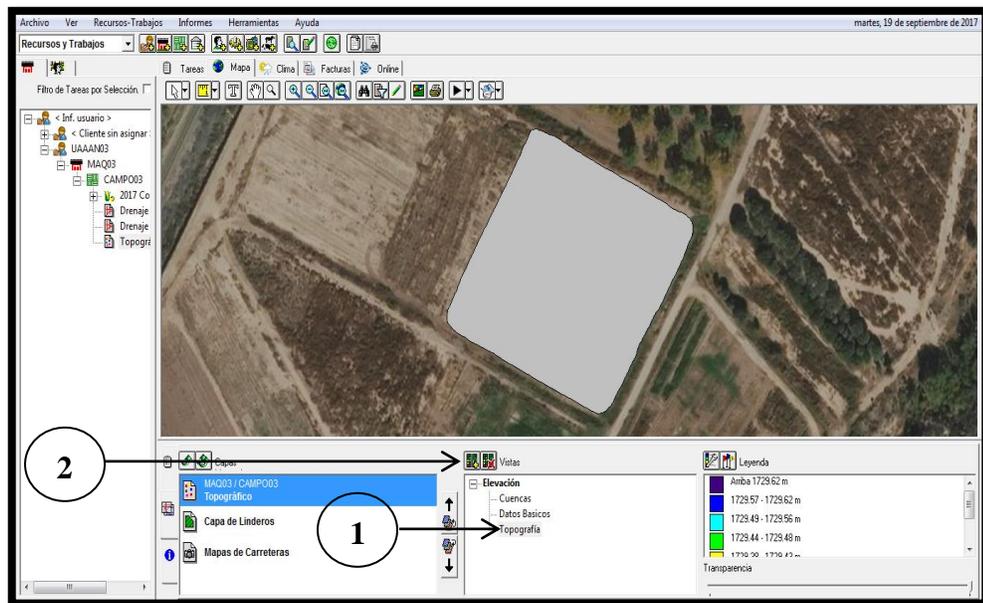


Figura 5.18 Selección de Atributo.

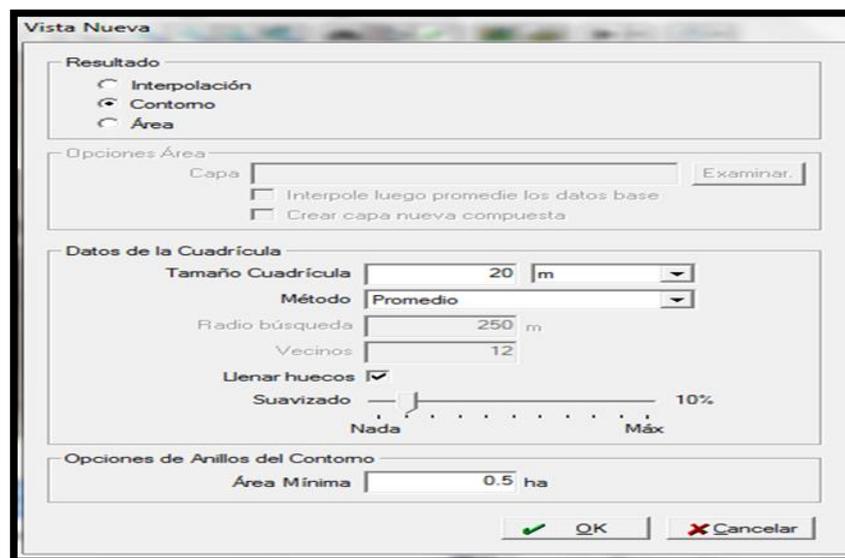


Figura 5.19 Vista Nueva

3. En la figura 5.19 haga uno de lo siguiente:

- Si selecciona Interpolación.
  - Promedio usa todos los puntos que tengan el tamaño de celda requerido y les da el mismo énfasis. Esta opción se usa normalmente con datos de rendimiento y mapas de datos del área real tratada que tienen gran cantidad de puntos.
  - Distancia Inversa pone más énfasis en los puntos próximos al centro de cada cuadrícula y menos en los puntos más alejados. Ingrese el radio de búsqueda y los puntos vecinos. Esta opción se usa normalmente con los resultados de análisis de suelos y los mapas con pocos puntos.
    - Radio Ingrese la distancia desde el punto central para buscar los puntos a usar en el cálculo.
    - Vecinos Ingrese el número de puntos vecinos a usar en el cálculo.
    - Suavizado Mueva la barra de deslizamiento para suavizar las transiciones entre rangos. Esto hace que el mapa sea menos irregular y mejora su apariencia.
- Si selecciona Contorno para ver los contornos de los datos en las zonas. Ingrese un área mínima en cada zona. Las áreas mínimas mayores parecen menos irregulares, pero pueden no ser una representación exacta de todo el contenido de la zona.

4. Haga clic en OK.

## 5.5 Crear una aplicación

1. Haga clic derecho en la vista que creó y seleccione Crear Plan de Aplicación.

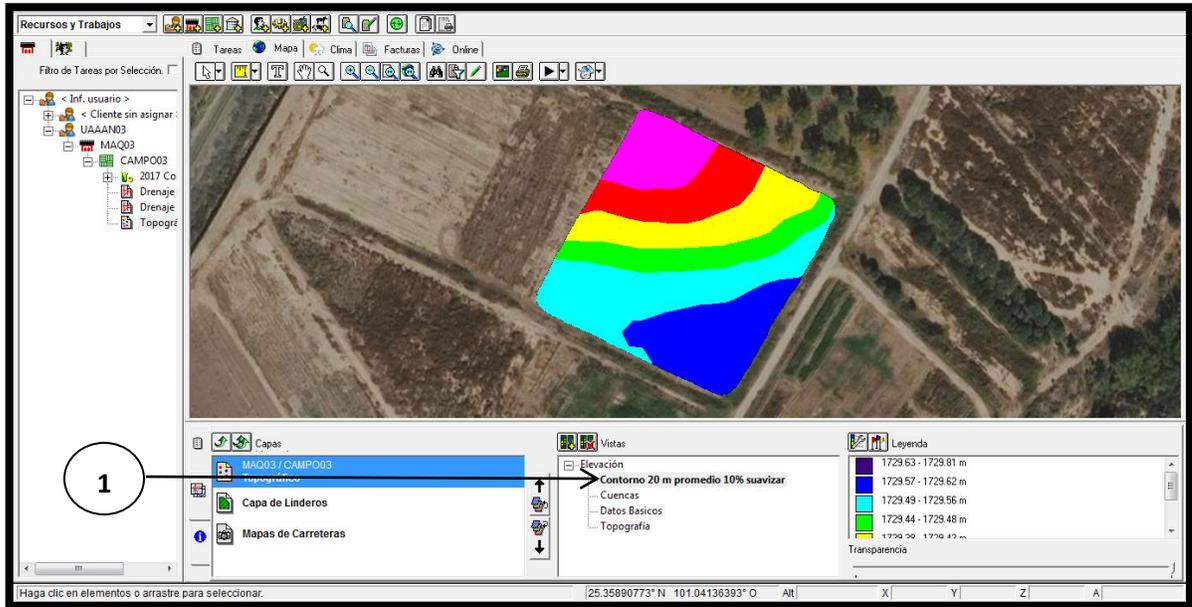


Figura 5.20 Nueva vista.

2. Aparece el cuadro de diálogo Actividades Agrícolas haga clic en OK o en su caso, realice las modificaciones necesarias.

Actividades Agrícolas	
Carpeta	Añadir Región
Nombre de la Tarea	CAMP003 - Planting-Seeding
Nombre de la Región	
Nombre del Lote	CAMP003
Cultivos de la Empresa	2017 Corn
Tipo de tarea	Planting-Seeding
<b>Id. consola</b>	
Área Cultivada	0.00
Fecha de Inicio	19/09/2017
Fecha de Finalización	19/09/2017
Horas de la Tarea	0.000
Operador	
Notas/Instrucciones	Anotaciones
<b>semillas</b>	
Aplicación Dosis Variable	
Máquina	
Área Aplicada	1.12
Dosis Planeada (kg/ha)	1.730.00
Cantidad Usada (kg)	1.943.777
Tarifa de la Labor (\$/kg)	0.00

OK Cancelar

Figura 5.21 Cuadro de dialogo Actividades Agrícolas.

## 5.6 División de la parcela en lotes

1. Dosis por Defecto, es la dosis aplicada cuando la máquina se sale del mapa VRA.

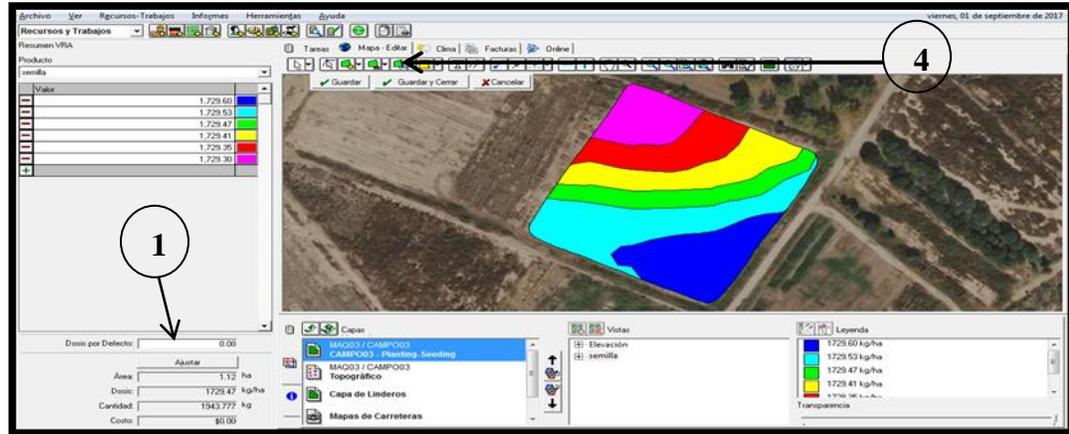


Figura 5.22 Nueva aplicación de dosis aplicar.

2. Clic derecho afuera del mapa, invertir selección o seleccione el mapa.
3. Clic derecho seleccione Fusionar.
4. Haga clic en el icono para dividir el polígono. 
5. Haga clic donde quiera empezar a dividir el lindero clic al finalizar, clic derecho: si la división es correcta clic en Final. Si quiere eliminar la línea clic derecho: Deshacer o Cancelar.

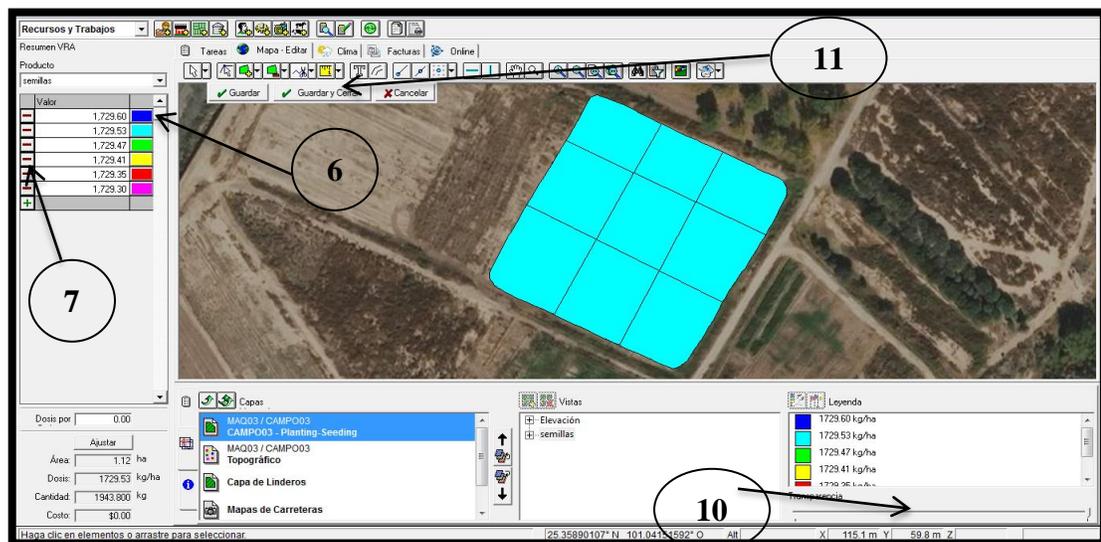


Figura 5.23 División del Lote

6. Asignar la dosis que se requiere aplicar, en este caso fue de  $(20, 16, 14 \text{ kgha}^{-1})$ .
7. Los colores que sobren dar clic en el icono. 
8. Haga clic derecho en cada lote de la figura 5,24, seleccione propiedades, active la casilla aplicar y asigne la dosis. Clic en Aceptar.



Figura 5.24 Cuadro de dialogo Propiedades del Objeto.

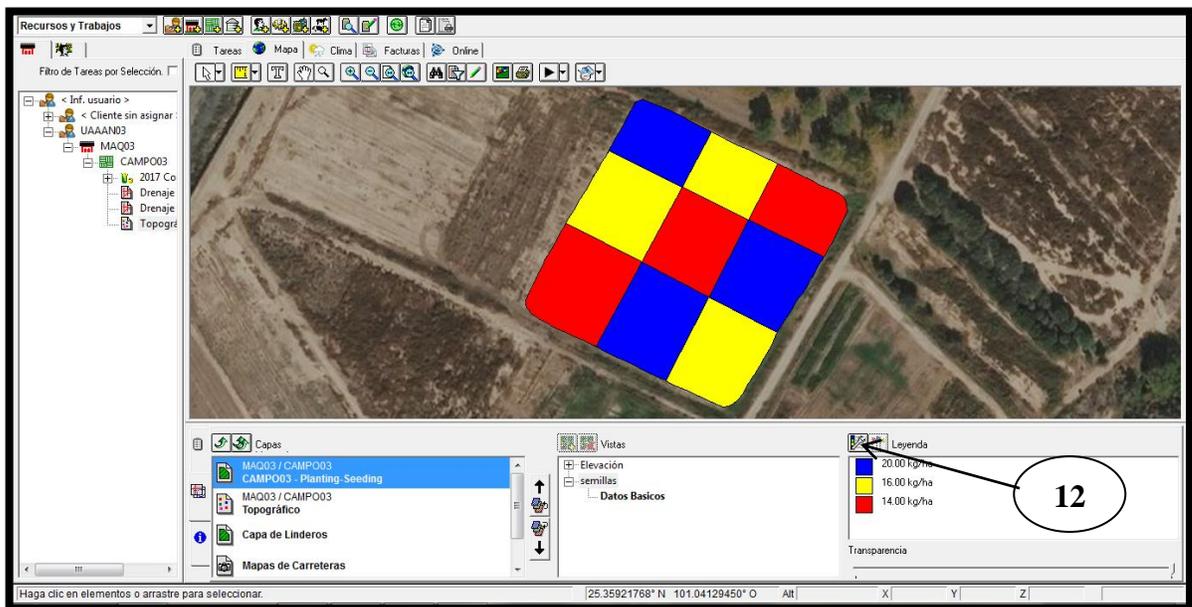
9. La dosis media, la cantidad total y el costo se calculan automáticamente. Esta información puede resultar muy útil al comprar suministros.

Ajustar	
Área:	1.12 ha
Dosis:	16.64 kg/ha
Cantidad:	18.707 kg
Costo:	\$0.00

Figura 5.25 Cantidad total y el costo.

10. Si hay alguna capa visible por debajo de la capa de aplicación, ajuste la barra de deslizamiento para ver la capa a través de la nueva capa de aplicación, Figura 5.23.
11. Cuando termine de crear el mapa VRA, haga clic en Guardar y Cerrar, Figura 5.23. El trabajo planeado aparece en el lote correspondiente en la ficha Trabajos y en la ficha Finca.

En la figura 5.26 se muestra el Mapa de Prescripción obtenida con el software Farm Works Mapping de Trimble con la dosis aplicar.



**Figura 5.26 Mapa de Prescripción obtenida con el software Farm Works Mapping de Trimble.**

12. Si quiere cambiar de color, Clic en Leyenda.



## 5.7 Exportar el mapa de aplicación de dosis variable

Para exportar un mapa de prescripción de aplicación de dosis variable.

1. En la ficha del mapa,  seleccione la ficha Trabajos por debajo de la ventana del mapa.
2. Busque el trabajo planeado que contenga el mapa de prescripción a exportar y seleccione la casilla de verificación Ver.
3. Haga clic derecho en el trabajo, seleccione Orden de Trabajo y seleccione Consola.
4. El icono de exportación de datos de trabajo  aparece en la fila correspondiente al trabajo.

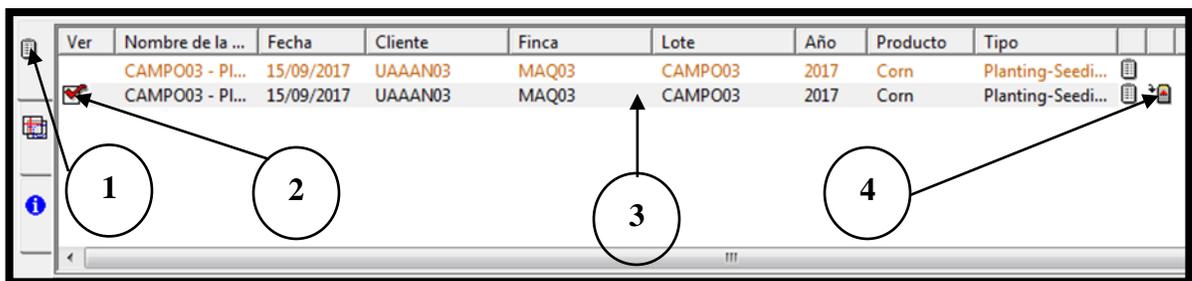


Figura 5.27 Exportar Datos de Trabajo

5. Haga uno de lo siguiente:
  - Seleccione el icono de importación de datos de trabajos. 
  - Seleccione Archivo/Escribir Datos del Trabajo.
6. El cuadro de diálogo Escribir Datos del Trabajo Figura 5.28 muestra los controladores y monitores de otros fabricantes a los que puede exportar mapas VRA. En este caso exportar al controlador Trimble y al monitor pantalla FmX Display
7. Clic en Examinar, seleccionar una carpeta o en una unidad USB para poder guardar el archivo.
8. Clic en OK.

**Nota** – Recuerde que al copiar y pegar un archivo Shape, éste contiene tres archivos (.shp, .shx, y .dbf).

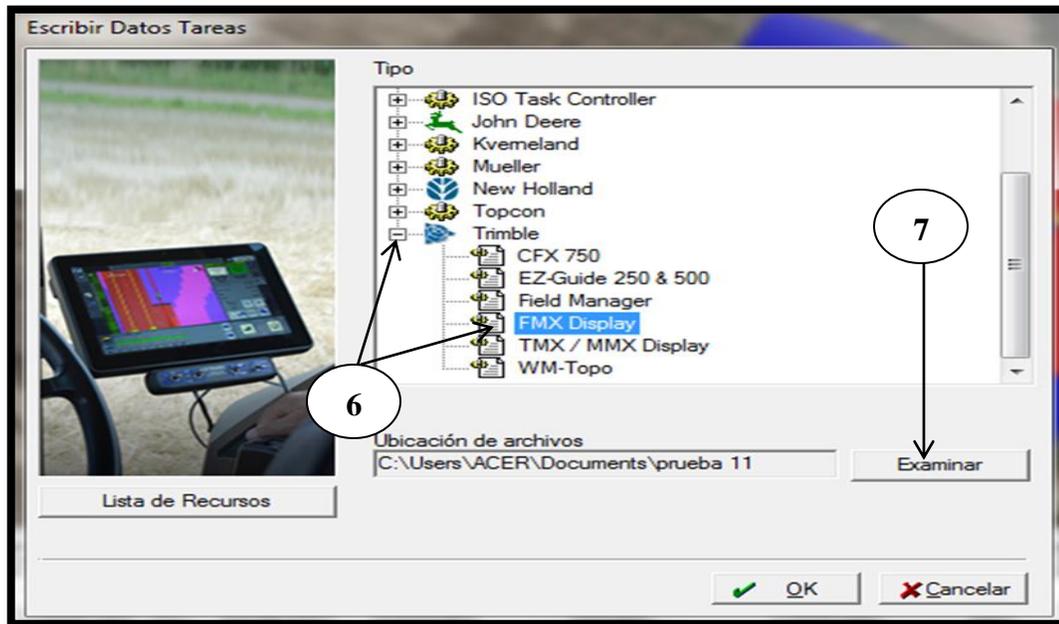


Figura 5.28 Exportar datos.

El archivo generado por el software Farm Works Mapping de Trimble, se carga a la pantalla FmX para ver si reconoce la prescripción diseñada. La pantalla FmX es compatible con el archivo Shape (shp) generado por el software ya que esta reconoció la prescripción. Figura 5.29



Figura 5.29 Mapa de Prescripción cargada en la pantalla FmX.

## **VI. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES**

### **6.1 Conclusión**

Se generó un manual que describe algunas de las funciones que tiene el software Farm Works Mapping de Trimble para crear los mapas de prescripción con base a un levantamiento topográfico generado por la pantalla FmX. El mapa generado por el software tiene como archivo shape (shp).

Para cargar la información a la pantalla FmX se requiere subir el archivo shape (shp) con la información modificada (prescripción) y con el mismo Master Bench Point (MBP).

El archivo generado por el software es compatible con el controlador FmX ya que reconoció la prescripción y no existe un desfase al momento de cargar el archivo Shape (shp).

Con los mapas de prescripción podemos aplicar los insumos requeridos en cada ambiente para obtener un desarrollo adecuado del cultivo y así mismo reducir los costos de producción y de la contaminación ambiental.

### **6.2 Recomendaciones**

Probar en campo el mapa de prescripción elaborado mediante el software Farm Works Mapping de Trimble con la dosis aplicar para conocer la respuesta del controlador Rawson de Trimble el cual permite realizar el control de dosificación variable.

## VII. REFERENCIAS

- Best S. y I. Zamora 2008.** Tecnologías aplicables en Agricultura de Precisión. Uso de tecnología de precisión en evaluación, diagnóstico y solución de problemas productivos. Primera edición. Fundación para la Innovación Agraria Santiago, Chile.
- Bongiovanni, R. 2003.** La agricultura de precisión en la cosecha. IDIA del INTA. Manfredi, Argentina.
- Bragachini, M., Méndez, A., Peiretti, J., Scaramuzza, F., 2003.** Sembradoras para siembra directa. Proyecto agricultura de precisión, INTA Manfredi.
- Borghi, M. I. 2014.** Tecnología de precisión: un crecimiento sin techo. pp. 1-2. INTA, Buenos Aires, Argentina.
- Cuervo, N. 2014.** Desarrollo Y Evaluación De Un Sistema De Control Inteligente De Profundidad Aplicado A La Labranza Vertical. Tesis De Maestría Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 171 p.
- Dávila, R. 2010.** La agricultura de precisión, la innovación en el campo. Journalmex periodistas de México.
- Doerge, T. 1999.** Defineing Management Zones for Precision Farming, Crop Insights, United States pp. 8-21.
- Economía, A. 2012.** Argentina se ubica entre los países con mayor agricultura de precisión. Agronoticias América Latina y el Caribe. pp. 1-2. Argentina.
- Esquivel, M., B. Hernández, F. Fernández, S. Marrero, E. Ponce, L. Quintana, L. González, A. Mayet, R. Muñoz y J. García.** *Agricultura de precisión en la caña de azúcar.* CENPALAB, Finca Tirabeque, AP 3, Bejucal, La Habana, Cuba. Julio, 2008.
- García E. y F. Flego. 2005.** Tecnología agropecuaria. Agricultura de precisión. Universidad de Palermo. Pp.110-112.
- Gil, E. 2008.** Situación actual y posibilidades de la Agricultura de Precisión. Escuela Superior de Agricultura de Barcelona, España, 59(1-12).

- INTA 2005.** Agricultura de precisión
- Jaramillo-Jaramillo, D. F.** (2011) El suelo: Origen, Propiedades, Espacialidad. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 553 p.
- Kaspar, T.C., Pulido, D.J., Fenton, T.E., Colvin, T.S., Karlen, D.L., Jaynes, D.L., Meek, D.W. 2004.** Relationship of corn and soybean yield to soil and terrain properties. *Agron, J.* 95:483-495.
- Koch, B. y Koshla, R. 2003.** The role of precision agriculture in cropping systems, *Journal of Crop Production* 9(1/2(17/18), 361–381.
- Koch B., R. Khosla., W. M. Frasier., D. G. Westfall., D. Inman. 2004.** Economic Feasibility of Variable-Rate Nitrogen Application Utilizing Site-Specific Management Zones.
- Kreimer, P. 2003.** Las TICs en la agricultura de precisión, ceditec (centro de difusión de tecnologías ETSIT-UPM). Ceditec (centro de difusión de tecnologías ETSIT-UPM).
- Kruger, G.; Springer, R.; Lechner W, 1994.** Global navigation satellite systems (gnss). *Computers and electronics in agriculture.* 11:3-21.
- Lago-Gonzales, C., J. C. Sepúlveda-Peña, R. Barroso-Abreu, F. O. Fernández-Peña, F. Macia-Pérez. 2011.** System for the automatic generation of yield mapping with application in precision farming. *Idesia* 29: 59-69
- Lisarazo, S. I., & Alfonzo, C. O.** (2010). Precision Agriculture Applications in the Cultivation of *Elaeis Guineensis* and Hybrid O x GOil Palms. *Revista de Ingeniería, Argentina,* 124(1-7).
- López, J. A. (2012).** Evaluación de un sensor de Permisibilidad Eléctrica Para Agricultura de Precisión. Tesis de Nivel Licenciatura. Departamento de Maquinaria Agrícola. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro., 1-70.
- Mancebo, Q. S. 2008.** Aprendiendo a manejar los SIG en la gestión ambiental. *Libros SIG,* España, 109(1-15).
- Martínez, D. 2013.** Desarrollo De Procedimiento Para La Elaboración De Mapas De Prescripción Empleando SIG Y Sistemas De Control Fmx. Tesis De Licenciatura Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División De Ingeniería, 1-57.

- Mckinion, J.M., Willers, J.L., Jenkins, J.N. 2010.** Spatial analyses to evaluate multi-crop field stability for a field. *Computers and Electronics in Agriculture* 70, 187-198.
- Medina-Vázquez, J., A. Aguilera-Alvear, L. M. Landinez. 2010.** Ejercicio EAD-Agricultura de Precisión. pp.8-10. Universidad del valle. Santiago de Cali.
- Méndes, A. (2007).** Puntos Claves para Lograr un Mapa de Rendimiento con Datos Confiables. Proyecto Maquinas y Agrocomponentes Precisos –INTAM Manfredi, Argentina, 1-4.
- Mosquera, C., Ramírez, G y Barona G.** Aplicación de Agricultura de Precisión. Memorias Seminario Agricultura Específica por Sitio y Agricultura de Precisión. Tecnicaña. 2011.
- Norton and Scott M. S. George W. 2000.** Precision Agriculture: Global Prospects and Environmental Implications.
- Oloufa, A. A., & M. A. Abdel-Aty. 2001.** Application of DGPS for collision avoidance in intelligent transportation systems in a wireless Environment, University of Central Florida.
- Ortega, R. (2000).** Agricultura de Precisión: Introducción al manejo sitio-específico. CRI Quilamapu INIA Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Argentina, 1-8.
- Ortega, R., Santibañez, O. 2007.** Agronomic evaluation of three zoning methods based on soil fertility in corn crops (*Zea maize L.*). *Computers and Electronics in Agriculture* 58 (1):49-59.
- Riquelme, J. (2011).** Contribución a las Redes de Sensores Inalámbricas. Estudio e Implementación de Soluciones Hardware para la Agricultura de Precisión. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA, Colombia, 310(1-40).
- Roberts, T. 2000.** Manejo sitio-específico de nutrientes: Avances en aplicaciones con dosis variable. Seminario Taller Agricultura de Precisión en el Cono Sur. PROCISUR. Buenos Aires, Argentina.
- Rodríguez, J., A. M. Gonzáles., F. R. Leiva., L. Guerrero. 2008.** Fertilización por sitio específico en un cultivo de maíz en la Sabana de Bogotá. *Agronomía Colombiana* 26(2): 308 321.

**Srinivasan, A.** 2006. Handbook of precision agriculture principles and applications. New York. Pp. 3-15.

### **Páginas Web**

**AGRO. (2014).** [En línea] [Fecha de consulta Abril 2017]

[https://www.wikiagro.com/es/Siembra/\\_/Fertilizaci%C3%B3n](https://www.wikiagro.com/es/Siembra/_/Fertilizaci%C3%B3n)

**AGCO. (2005).** [En línea] [Fecha de consulta Abril 2017]

<http://www.fieldstar.com/agco/System/DataCollection.htm>

**GEOAGRO. (2012).** [En línea] [Fecha de consulta Abril 2017]

<https://www.geoagro.com/agricultura-por-ambientes>

**Damián. (2011).** [En línea] [Fecha de consulta Abril 2017]

<[jornadastucumansig.com.ar/resumenesext/ponencias/04\\_Utilizacion%20de%20GIS%20para%20maximizar%20explotaciones%20agricolas%20en%20zonas.pdf](http://jornadastucumansig.com.ar/resumenesext/ponencias/04_Utilizacion%20de%20GIS%20para%20maximizar%20explotaciones%20agricolas%20en%20zonas.pdf)>

**Juan, F. (2012).** [En línea] [Fecha de consulta Abril 2017]

<http://www.ecaf.org/downloads/technical-leaflets/14-agricarbon-ficha3/file>

**Trimble.** Base AgGPS RTK GPS/GNSS. [En línea] [Fecha de consulta Abril 2017].

<http://www.trimble.com/Agriculture/fmx-display.aspx>

**RASTROSGIS. (2010).** [En línea] [Fecha de consulta Abril 2017]

[http://qo000533.ferozo.com/Docs/Rastros-Agricultura\\_de\\_precision.pdf](http://qo000533.ferozo.com/Docs/Rastros-Agricultura_de_precision.pdf)

**RURAL. (2011).** [En línea] [Fecha de consulta Abril 2017]

[http://www.clarin.com/rural/mapa-define-debe\\_aplicarse\\_0\\_H1f-QfJaDme.html](http://www.clarin.com/rural/mapa-define-debe_aplicarse_0_H1f-QfJaDme.html)

## VIII. ANEXOS

### ANEXO A

#### A.1 Agregar aplicaciones a la pantalla FmX

1. Al encender la pantalla aparece lo siguiente:



Figura A.1 Pantalla de inicio.

2. Clic en el botón para configurar. 

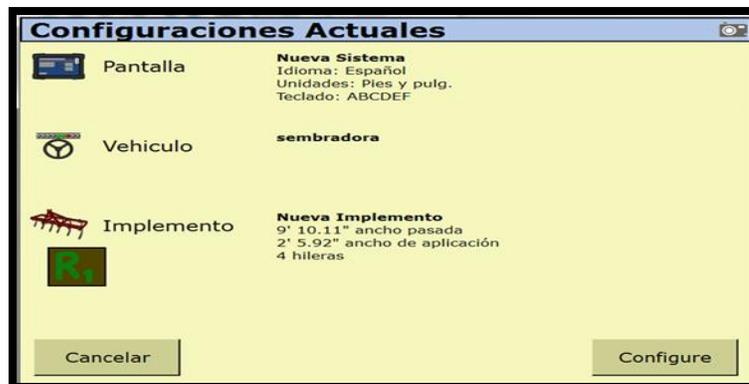


Figura A.2 Configuraciones

3. Para agregar el complemento Survey, Field-IQ y Manual Guidance; seguir la secuencia de botones que se muestra a continuación:

- pulsa Configure

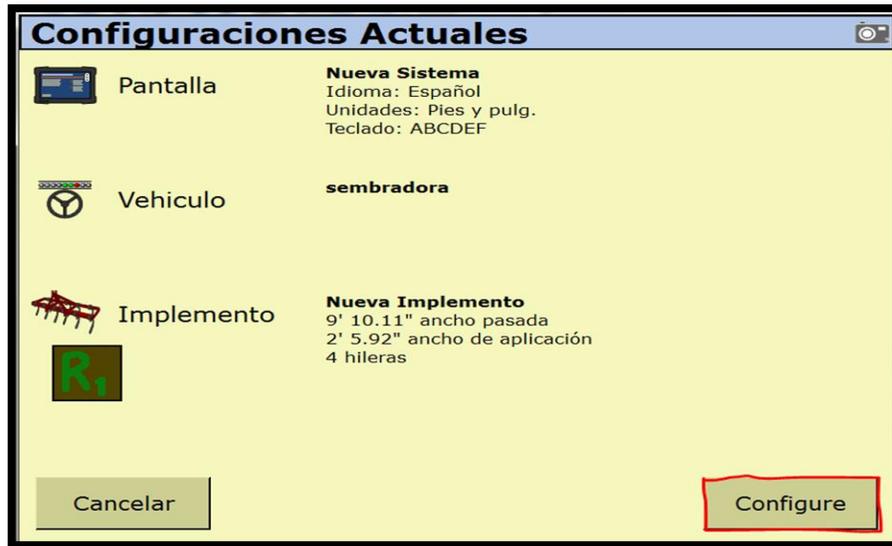


Figura A.3 Pantalla de Configuración.

- Pulsar Agregar/Quitar

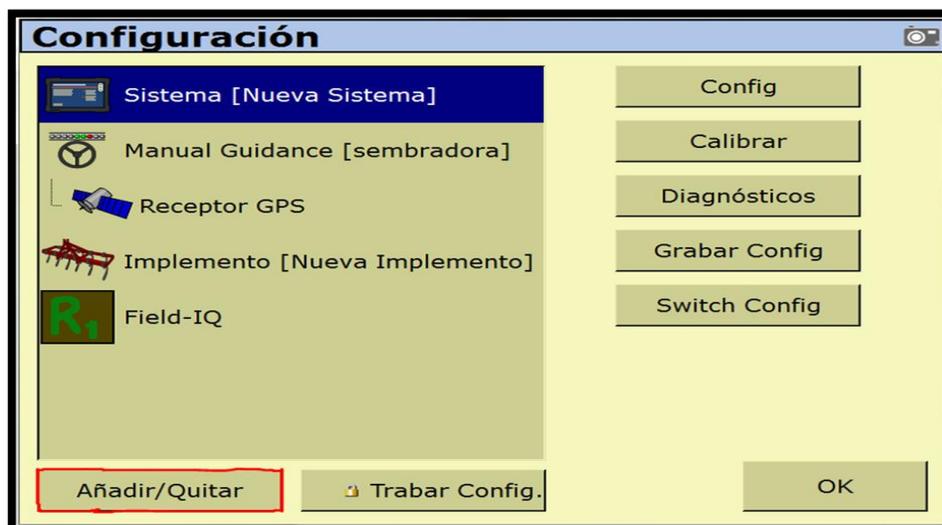


Figura A.4 Pantalla de configuración del sistema.

- Aparecerá una ventana donde se introducirá la contraseña (2009) del proveedor para poder avanzar. Después dar clic en ok.



Figura A.5 Ingresar Contraseña (2009).

- Buscar en la lista de complementos inactivos los complementos Survey, Field-IQ y Manual Guidance, seleccionar los complementos y dar en añadir.



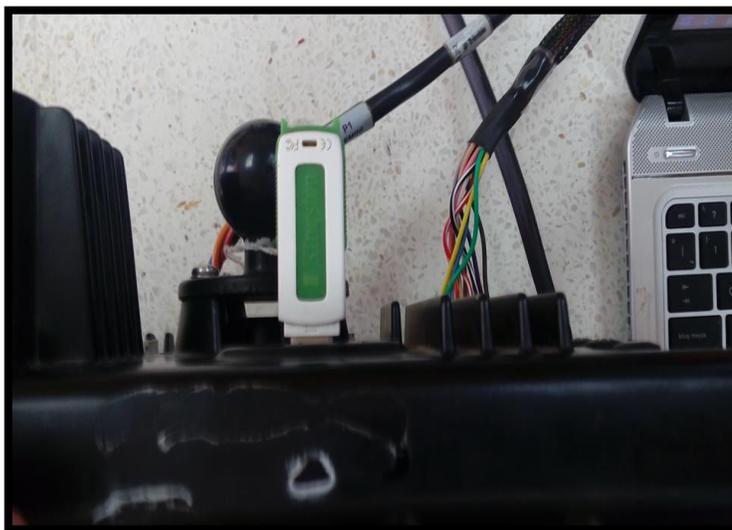
Figura A.6 Agregar Complementos

- Clic en OK.

## ANEXO B

### B.1 Cargar mapa de prescripción a la pantalla FmX

1. Encender la pantalla.
2. Insertar la memoria en el puerto USB de la pantalla.



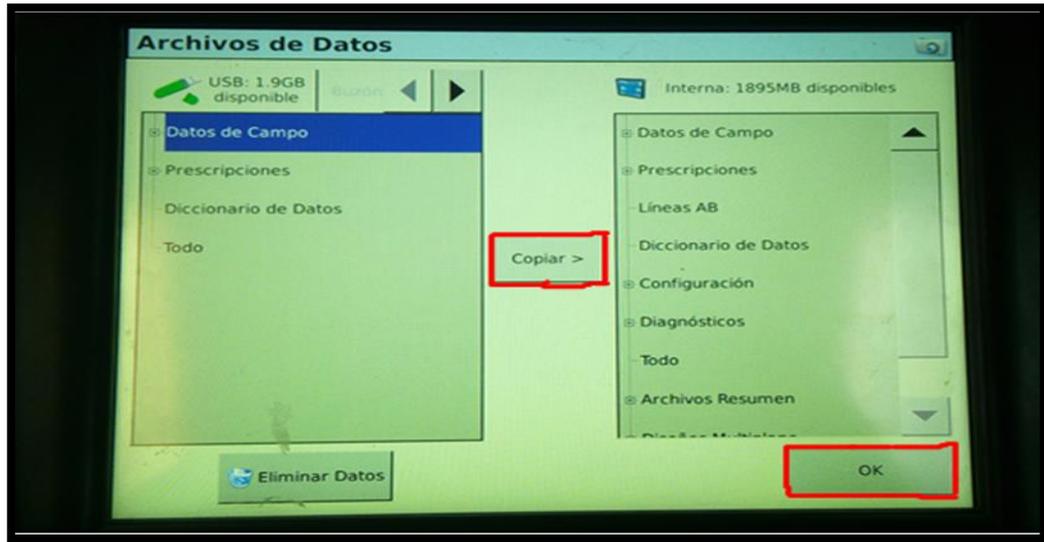
**Figura B.1** Insertando memoria USB a la pantalla FmX.

3. Clic en Archivos de Datos



**Figura B.2** Selección de Archivo de Datos.

- Seleccione Datos de Campo.
- Pulsar Copiar.
- Pulsar OK.



**Figura B.3 Copiando el archivo de memoria USB a la memoria de la pantalla.**

- Nos colocamos en la pantalla de inicio, Clic en el icono.



**Figura B.4 Pantalla de inicio.**

- Para esto ya deben de estar configurados los componentes Field-IQ y el Implemento, pero si solo quiere abrir el archivo no hay ningun problema.
- Clic en OK.

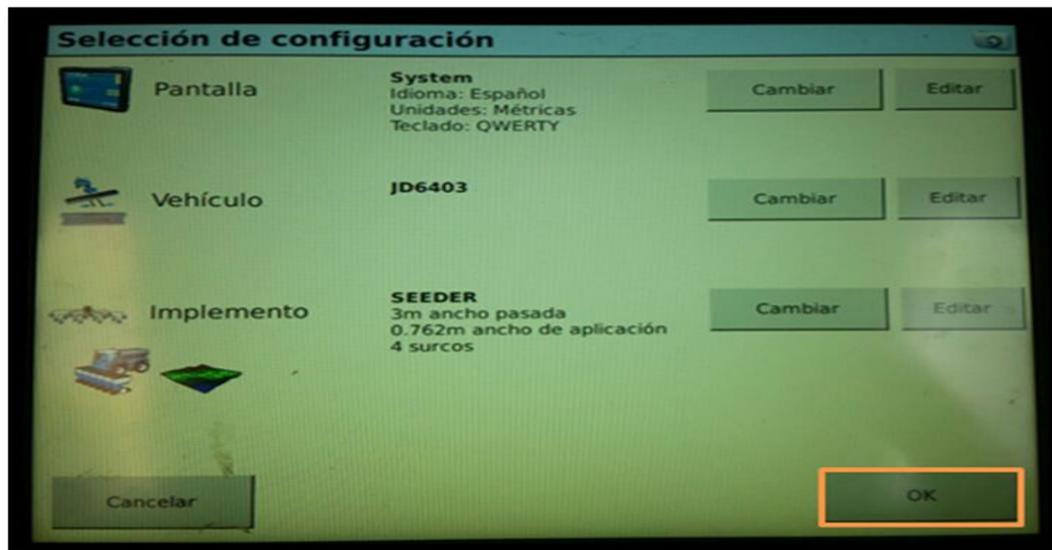


Figura B.5 Pantalla de Configuración.

- Seleccionar el nombre del archivo.
- Clic OK.

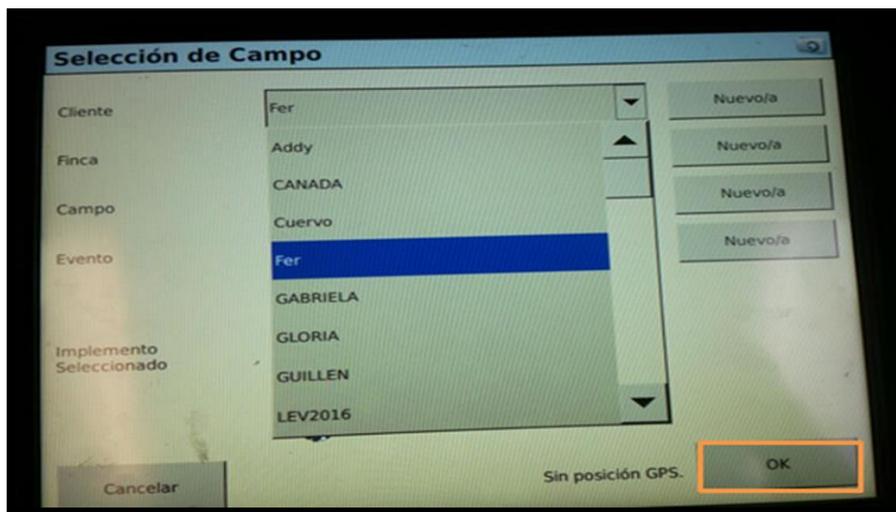
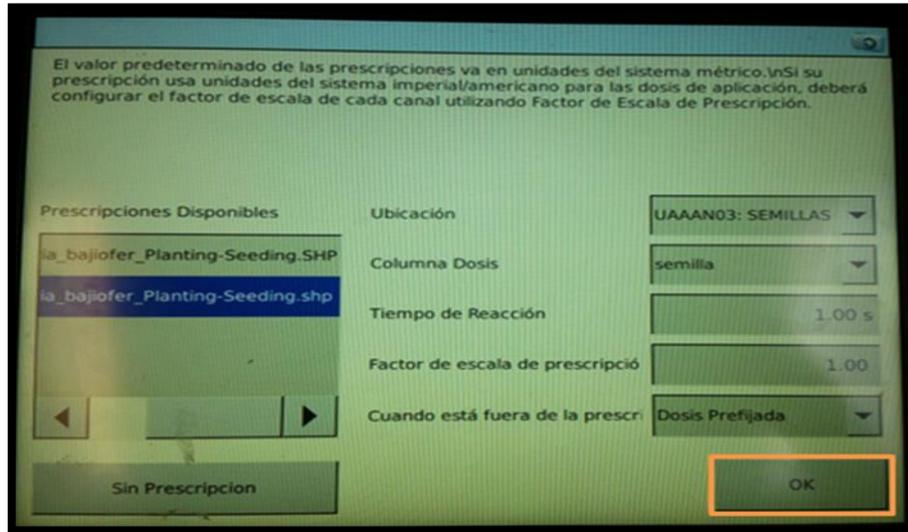


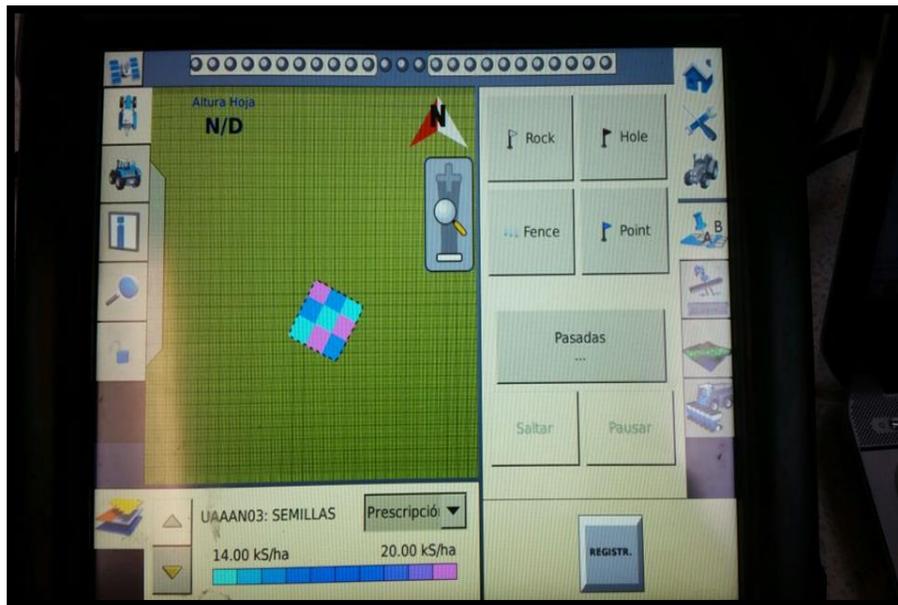
Figura B.6 Selección de Campo.

- Seleccionar el archivo (shp).
- Clic en OK.



**Figura B.7 Prescripción a cargar.**

- Mapa de Prescripción en la pantalla FmX.



**Figura B.9 Mapa de Prescripción.**

## ANEXO C

### C.1 Configuración de Field-IQ

1. Seleccionamos el componente y configuración.

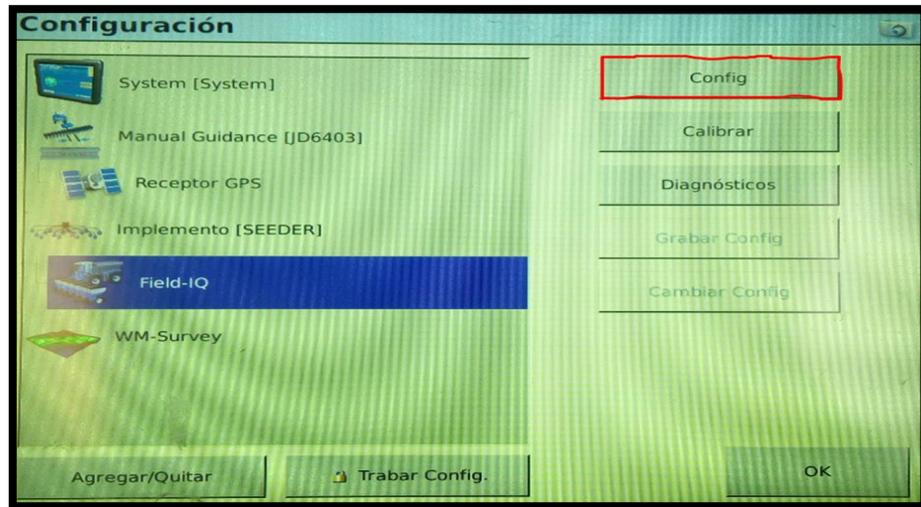


Figura C.1 Pantalla Configuración.

2. Clic en Programación del Material.

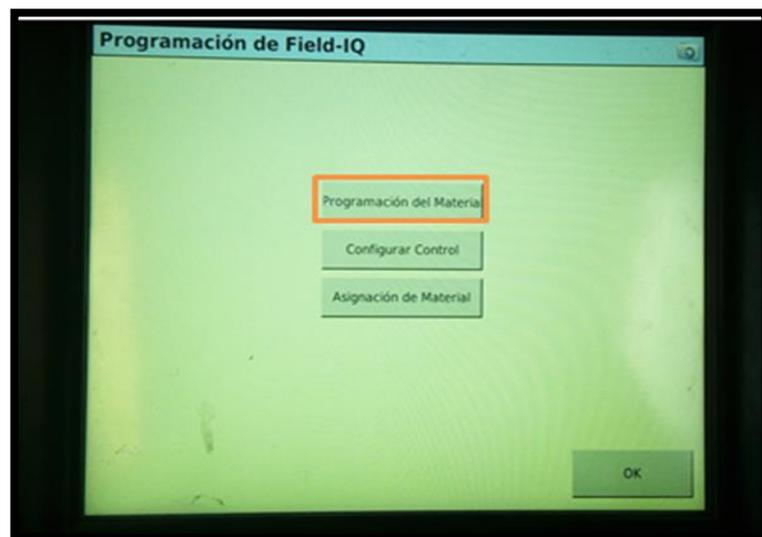
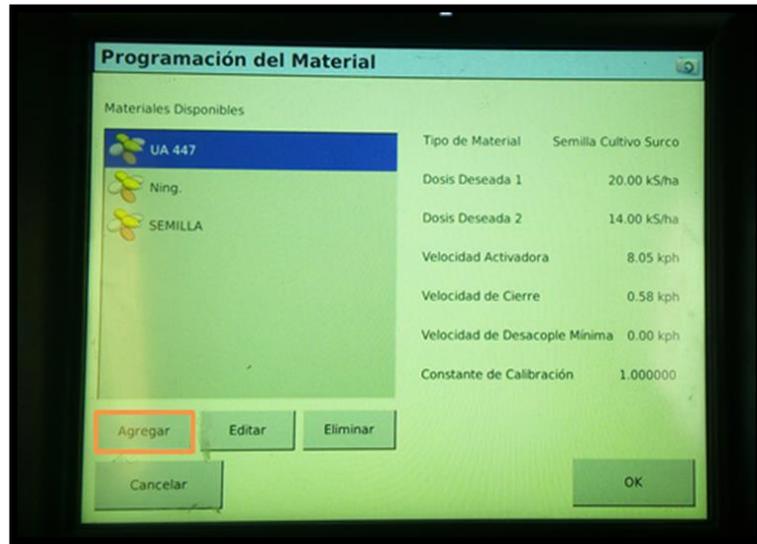


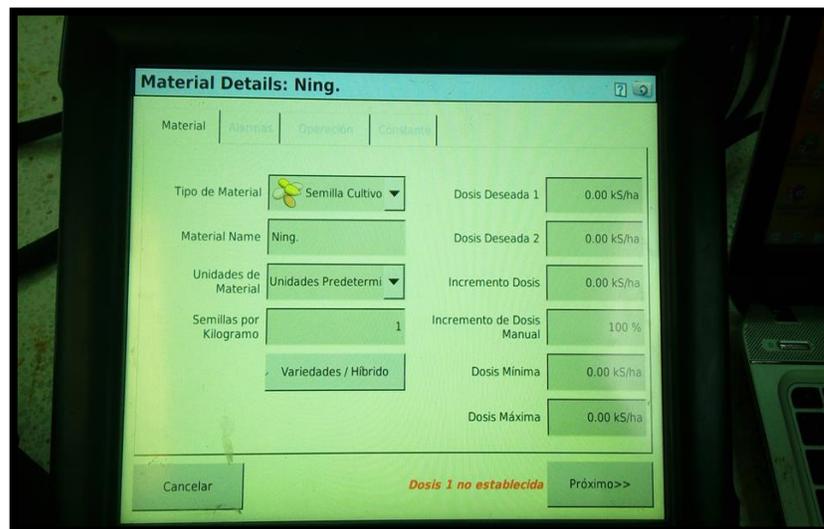
Figura C.2 Programación de Material.

- Clic en Agregar.



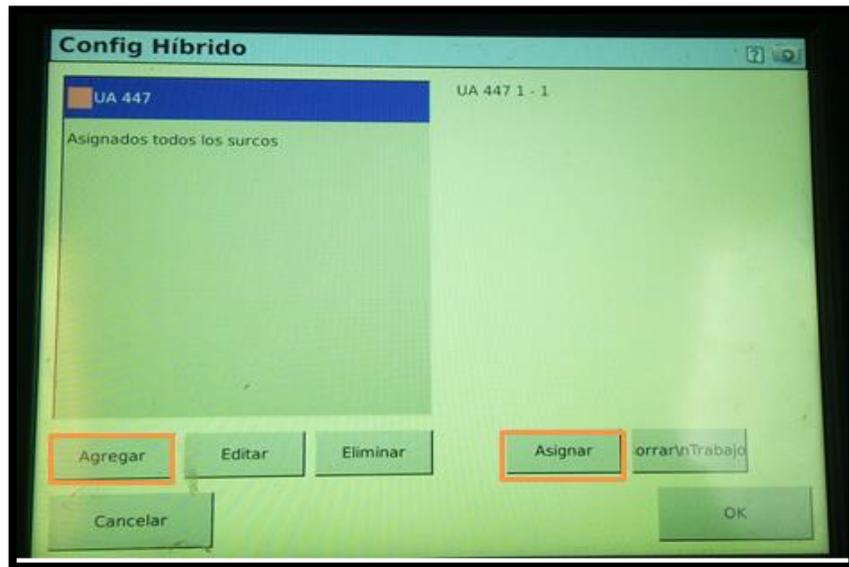
**Figura C.4 Pantalla Agregar Configuración.**

- Asignar el tipo de material, nombre y las dosis deseadas.



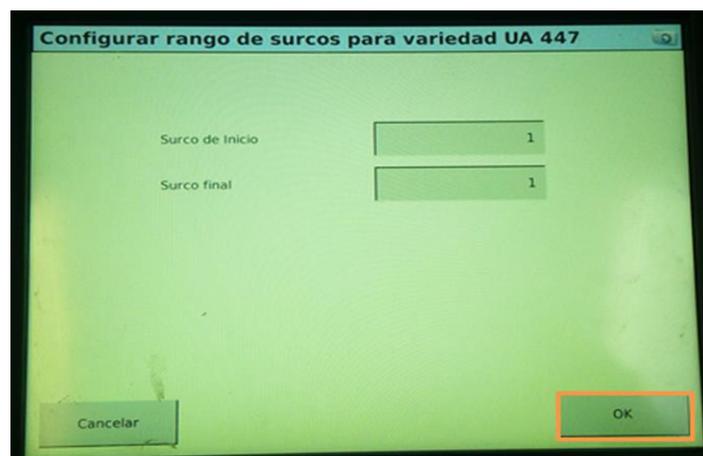
**Figura C.5 Asignar Material deseada.**

- Si selecciona Variedades / Híbrido.
- Clic en Agregar, escriba el nombre, OK.
- Clic en Asignar.



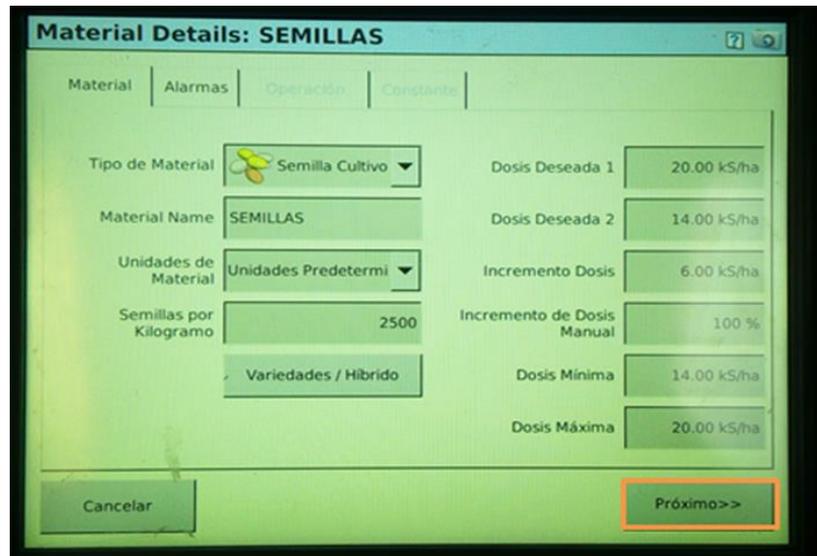
**Figura C.6 Configuración de Híbrido.**

- Configuración de rangos para la variedad que Asigno.
- Clic en OK.



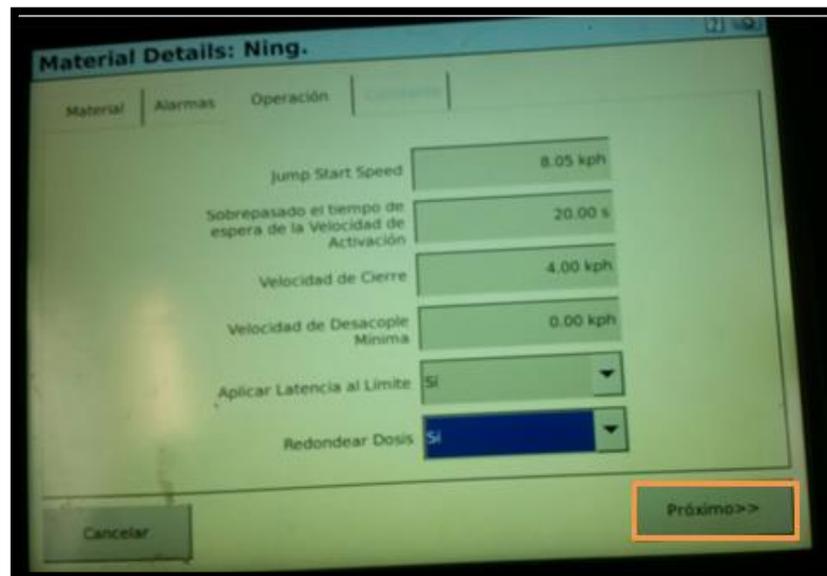
**Figura C.7 Configuración de rangos.**

- Asignado el tipo de material, la dosis aplicar, configurado Variedad/Hibrido, Clic en Próximo.



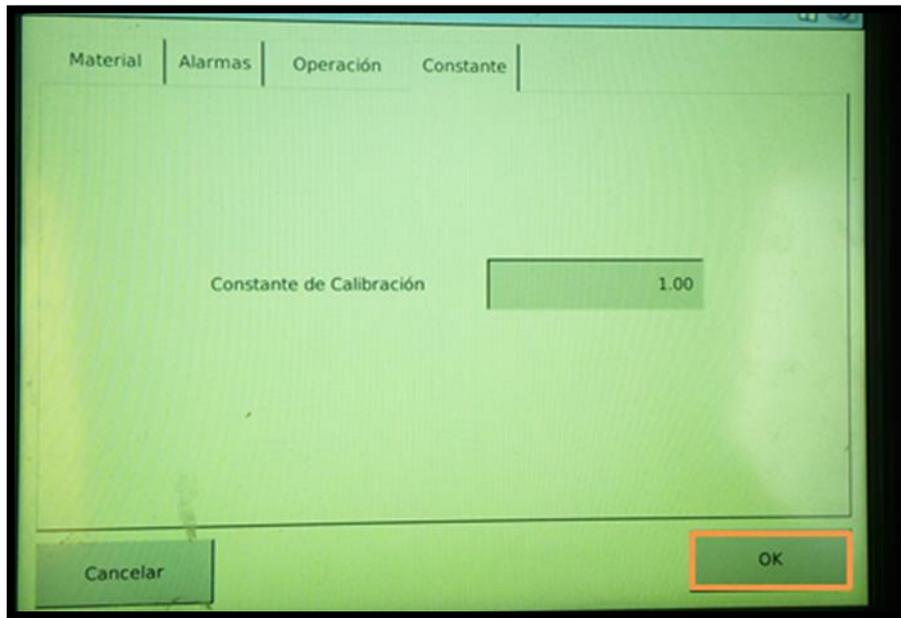
**Figura C.8 Material Configurado.**

- Configuración, Operación.
- Clic en Próximo.



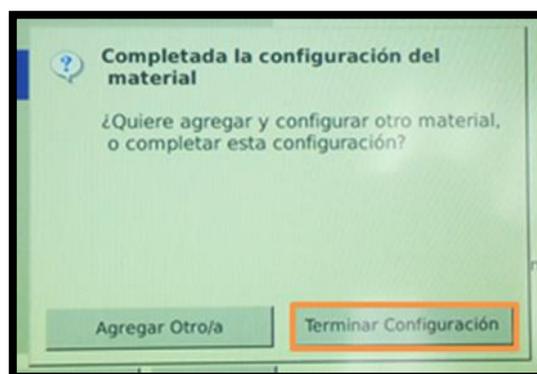
**Figura C.9 Configuración de operación.**

- Asignar la Constante de Calibración.
- Clic en OK



**Figura C.10 Constante de Calibración.**

- Una vez completada la configuración de material, clic en Terminar Configuración.



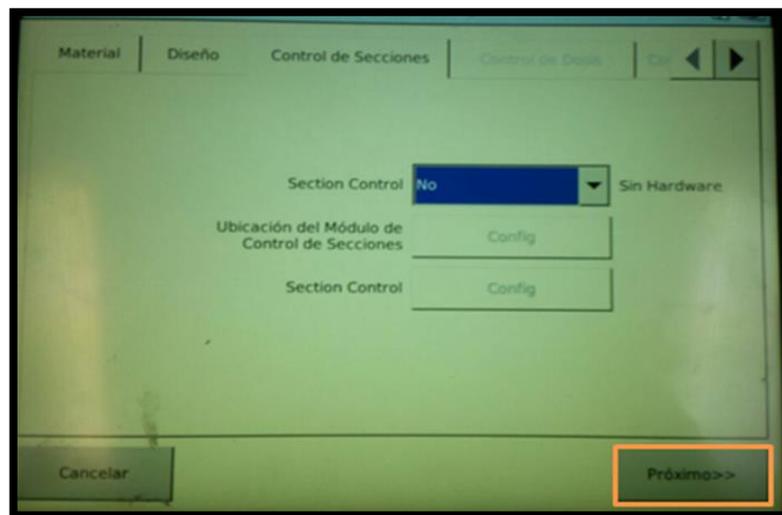
**Figura C.11 Terminar Configuración.**

3. En la configuración de Field-IQ dar clic en Configurar Control.



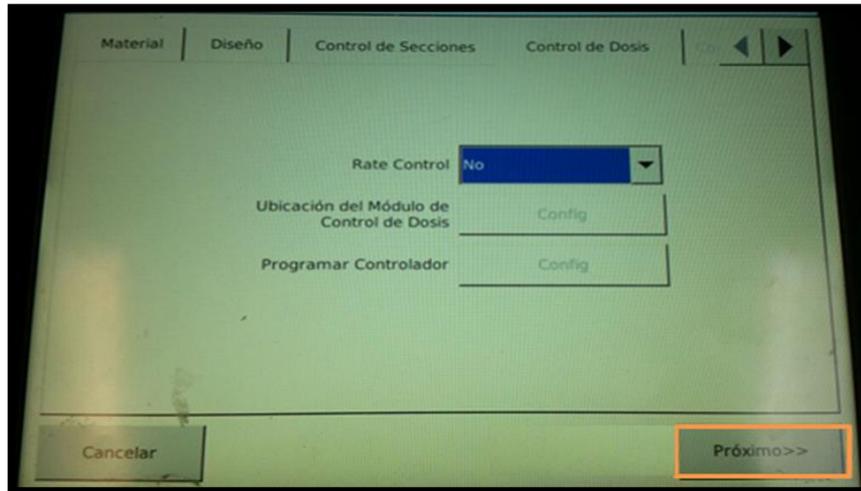
**Figura C.12 Configurar Control.**

- Realice la configuración correcta en cada apartado y dar clic en Próximo.



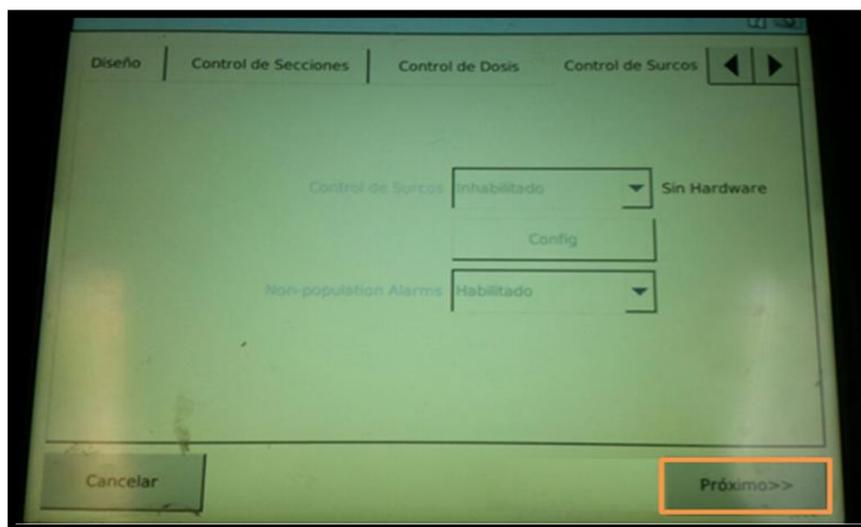
**Figura C.13 Control de Secciones.**

- Realizar la configuración de Control de Dosis en cada apartado, una vez finalizado clic en Próximo.



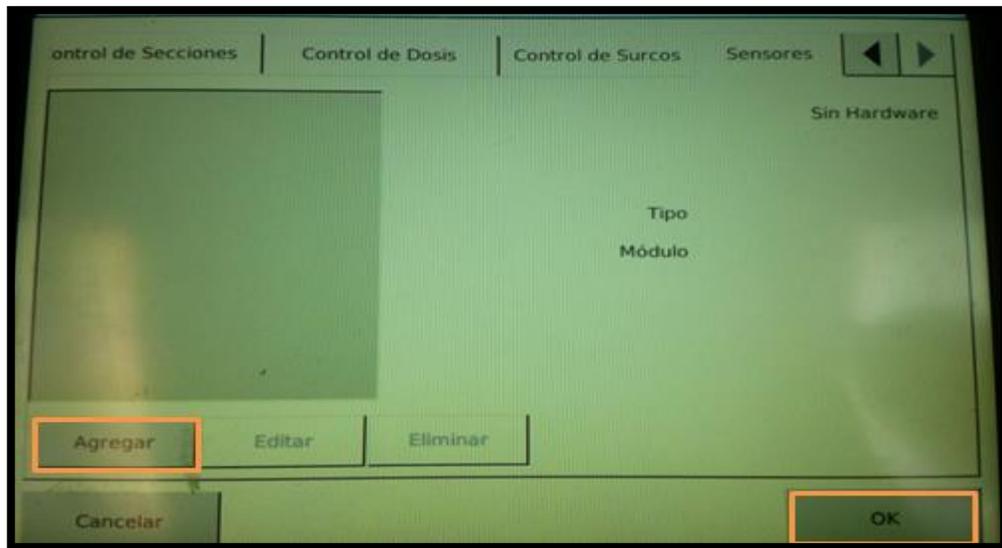
**Figura C.14 Configuración Control de Dosis.**

- En la configuración de Control de Surcos va a depender de la configuración de Control de Secciones si le dio la opción No en este caso las opciones están inhabilitadas como se muestra en la figura (C.15). para habilitar tendrá que poner la opción Si y hacer las configuraciones correctas en ambos y poder dar clic en Próximo.

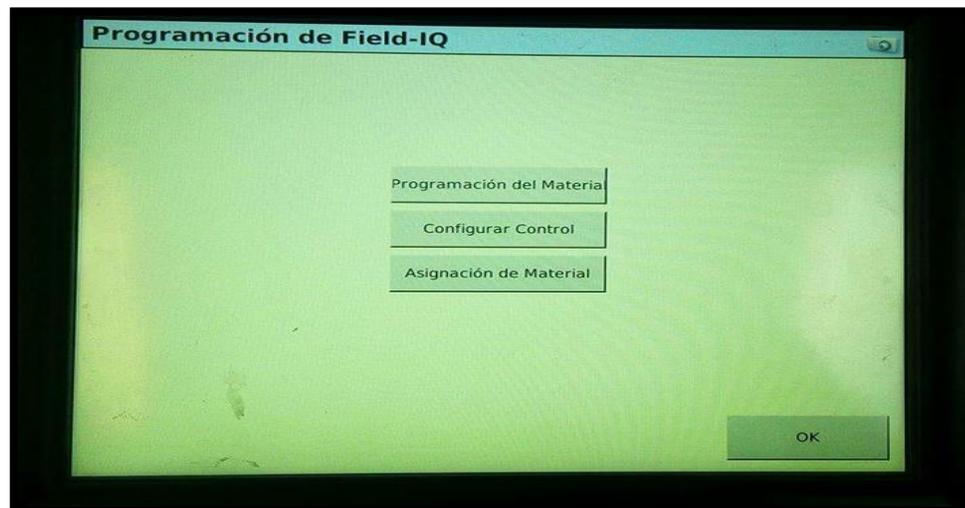


**Figura C.15 Configuración de Control de Surcos.**

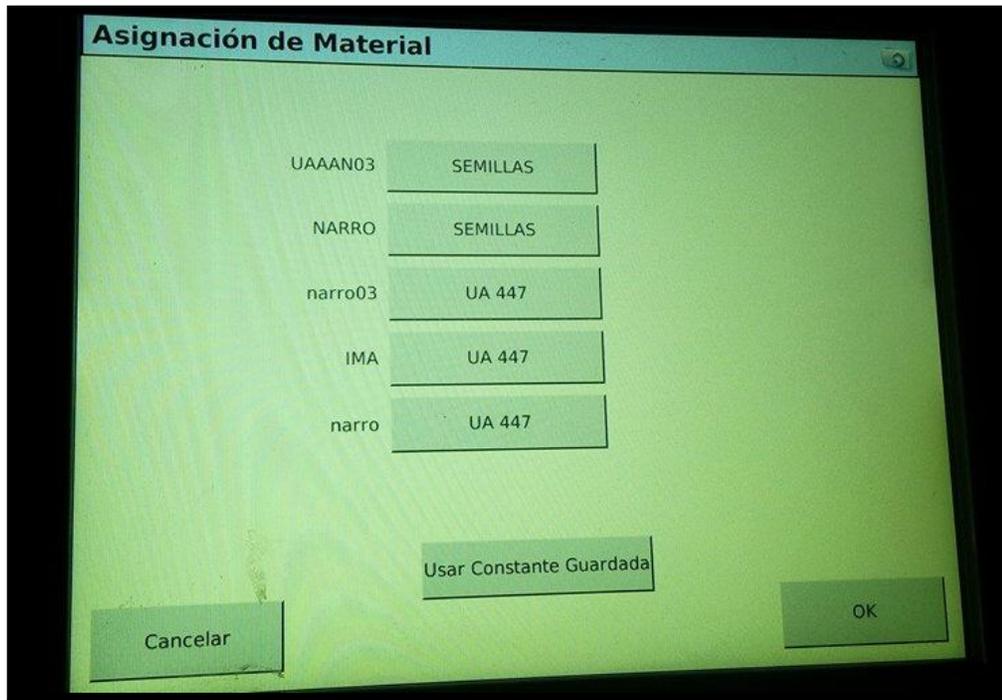
- En la configuración de Sensores, si va a trabajar con uno Clic en Agregar, asignar uno de la lista y realizar las configuraciones.
- Para finalizar Clic en OK.



**Figura C.16 Configuración de Sensores.**



**Figura C.17 Clic en Asignación de Material.**



**Figura C.18 Asignar el Material**

## ANEXO D

### D.1 Configuración del implemento

1. Seleccionar Implemento, Clic en Configuración.

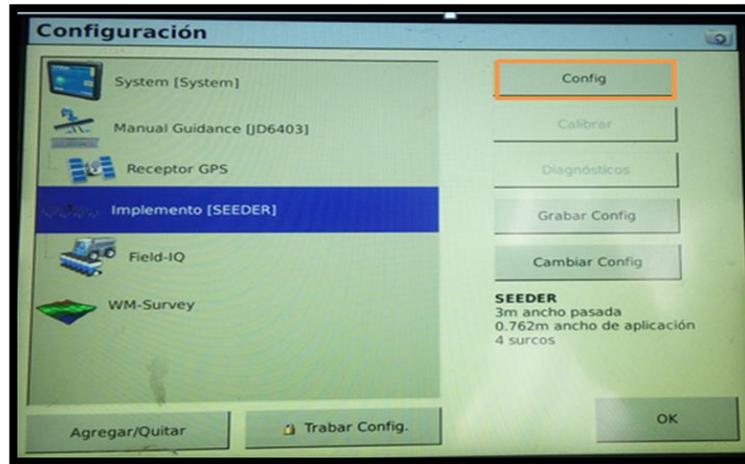


Figura D.1 Configuración de Implemento.

- Elegir el tipo de operación en este caso Sembradora.
- Clic en Medidas.

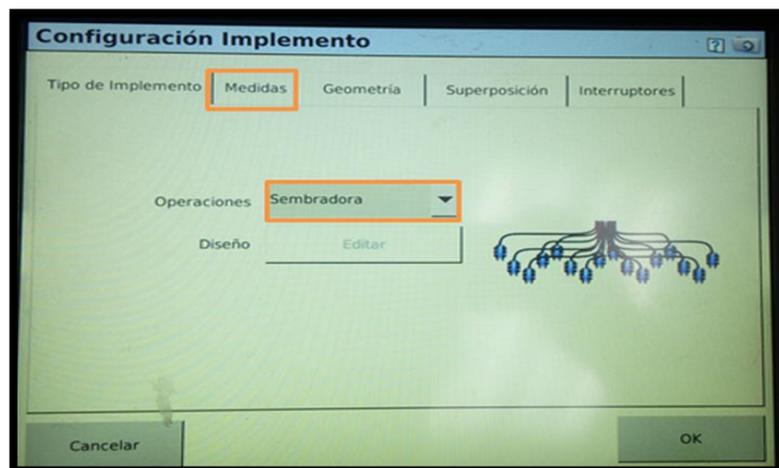


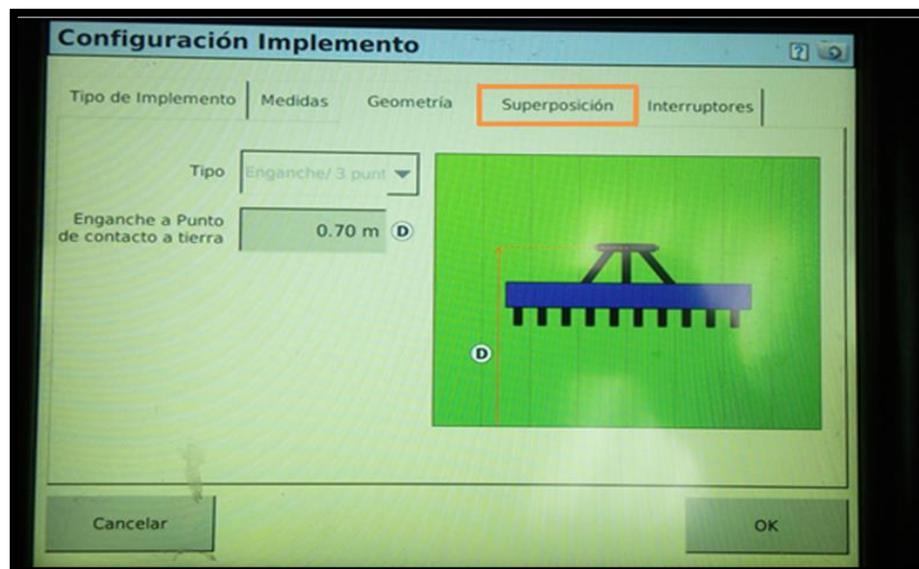
Figura D.2 Configurar el tipo de Operación.

- Configurar las Medidas del Implemto con los datos a trabajar.
- Clic en Geometria.



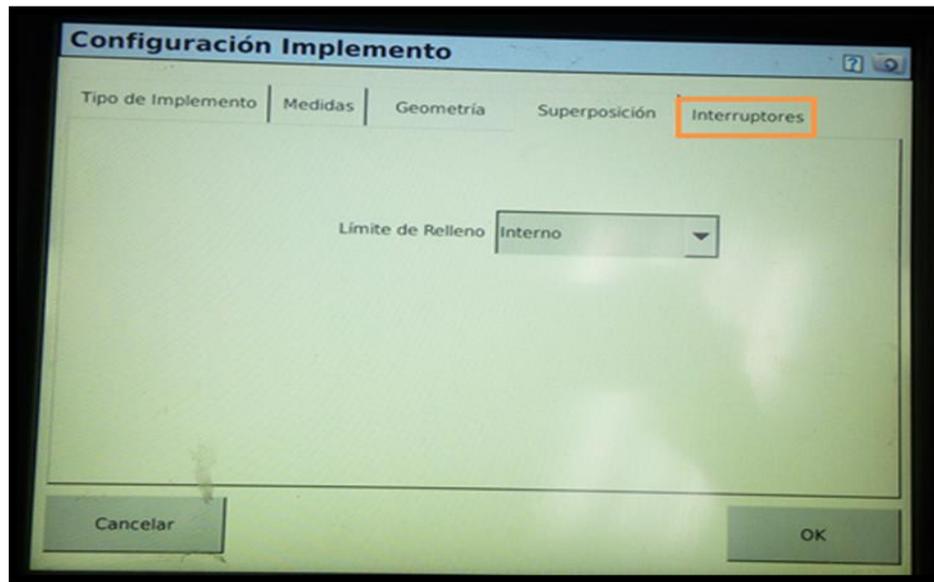
**Figura D.3 Configurar Medidas.**

- Configurar el Enganche a Punto de Contacto a tierra.
- Clic en Superposición.



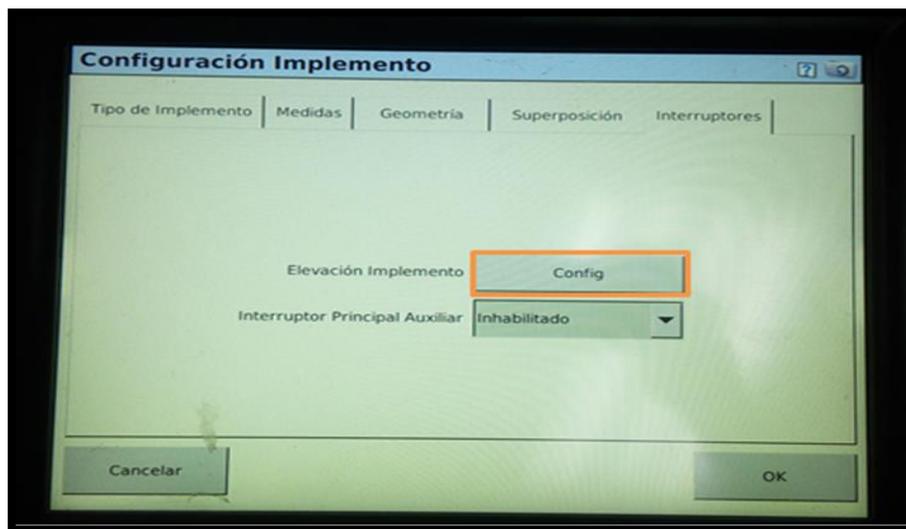
**Figura D.4 Configuración de Geometría.**

- Configurar el Limite de Relleno (Interno).
- Clic en Interruptores.



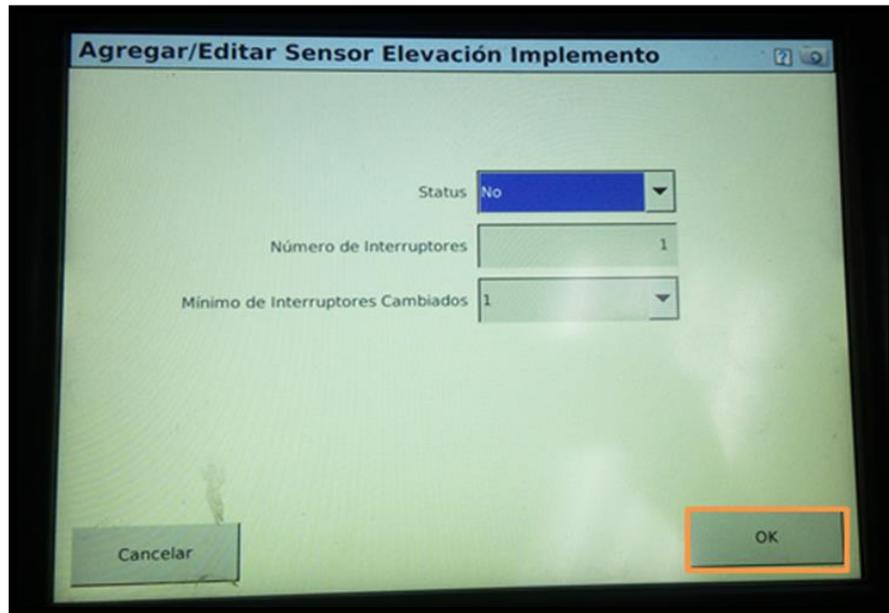
**Figura D.5 Configuración de Superposición.**

- Clic en Configuración de Elevación Implemento.



**Figura D.6 Configuración de Interruptores.**

- Configure el Sensor Elevación Implemento.
- Clic en OK.



**Figura D.7 Configuración de Sensor Elevación Implemento.**

- Clic en OK.



**Figura D.8 Configuración de Interruptores.**