

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CARRERA DE INGENIERO AGRÓNOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

**DIAGNÓSTICO Y ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN EL DEPARTAMENTO DE
AGRICULTURA DE PRECISIÓN EN INGENIO PANTALEÓN, UBICADO EN EL
MUNICIPIO DE SANTA LUCÍA COTZULMAGUAPA, ESCUINTLA, GUATEMALA,
2018.**

DIEGO GERARDO CASASOLA RAMIREZ
201442422

CHIQUIMULA, GUATEMALA, Febrero 2019

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS	2
2.1 General	2
2.2 Específicos	2
3. DIAGNOSTICO GENERAL DE LA UNIDAD DE PRACTICA	3
3.1 Información general	3
3.1.1 Antecedentes históricos	4
3.1.2 Ubicación geográfica de las zonas cañeras	4
3.1.3 Clima y zonas de vida	5
3.1.4 Recursos naturales	7
3.1.5 Recursos físicos	8
3.1.6 Recursos humanos	9
3.1.7 Instituciones presentes en el área	11
3.2 Situación socioeconómica	11
3.2.1 Organización	11
3.2.2 Tradiciones y costumbres	12
3.2.4 Necesidades básicas	12
3.2.5 Fuente de trabajo	14
3.2.6 Uso de la tierra y tenencia de la tierra	14
3.3 Identificación y jerarquización de los problemas	15
3.3.1 Fortalezas	16
3.3.2 Oportunidades	16
3.3.3 Debilidades	16
3.3.4 Amenazas	17
3.3.5 Discusión	18
4. SERVICIOS REALIZADOS	20
4.1 Evaluación de productos a base de polímeros de hidrogel	20

4.2 Aplicación de hidrogel en betas arenosas	26
4.2 Determinación de biomasa por edad fenológica del cultivo (Crotalaria juncea L).	31
4.3 Procesamiento de imágenes satelitales (Sentinel 2 y Landsat 8 OLI) para la elaboración de mapas con índices de vegetación de las áreas del departamento de agricultura de precisión.	36
4.4 Control de calidad para las cosechadoras en la preparación de líneas de surco distribuidas a la red de RTK para la cosecha mecánica	38
5. SERVICIOS NO PLANIFICADOS	42
5.1 Cuantificación de aporte de elementos por el cultivo crotalaria en distintas fincas del ingenio Pantaleón	
6. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	48
7. CONCLUSIONES	49
8. RECOMENDACIONES	50
9. BIBLIOGRAFIA	51
10. ANEXOS	53
11. APÉNDICE	66

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Descripción	Página
1	Características climáticas de las zonas cañeras	6
2	Características principales de los grupos de manejo de suelos de la zona cañera de Guatemala	7
3	Principales ríos en que tiene acceso el ingenio Pantaleón	8
4	Actividades del departamento de Agricultura de Precisión	10
5	Fincas a cargo del Departamento de agricultura de precisión	15
6	Matriz FODA	17
7	Datos a evaluar en el ensayo de prueba de productos de hidrogel	21
8	Tasa de emergencia de los tratamientos de hidrogel	24
9	Prueba de absorción de humedad	25
10	Prueba de retención de humedad	26
11	Análisis de varianza y prueba de Fisher en población	28
12	Análisis de varianza y prueba de Fisher en dosis	29
13	Análisis de varianza y prueba de Fisher en altura	29
14	Promedio de rendimiento húmedo y seco por hectárea	34
15	Relación carbono nitrógeno	34
16	Fecha de imágenes satelitales	37
17	Promedio de NPK aportado en la finca San Vicente	43
18	Cantidad de materia orgánica aportada en la finca San Vicente	44
19	Promedio de NPK aportado en la finca El Baúl	45
20	Cantidad de materia orgánica aportada en la finca El Baúl	45
21	Promedio de NPK aportado en la finca La Isla	45
22	Cantidad de materia orgánica portada en la finca La Isla	45
23	Promedio de NPK aportado en la finca Playa Grande	46
24	Cantidad de materia orgánica aportada en la finca Playa Grande	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Descripción	Página
1	Ubicación de la zona cañera de Guatemala	4
2	Estratos altitudinales de la zona cañera	6
3	Jerarquización del departamento	9
4	Croquis del experimento de los tratamientos de hidrogel	22
5	Lugar de almacenamiento de los SHAPES procesados	39
6	Proceso de información y gestión de la data base	39
7	Listado de líneas de cosecha corregidas por lote y finca	41

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica	Descripción	Página
1	Evaluación de germinación de productos a base de hidrogel	23
2	Emergencia acumulada de los tratamientos de hidrogel	25
3	Población vs dosis	28
4	Diámetro vs dosis	29
5	Altura vs dosis	29
6	Prueba de variación de medias de TCH/Kg de hidrogel	30
7	Histograma de frecuencias TCH/Densidad	30
8	Probabilidad de TCH	30
9	Peso de acuerdo a la edad de cultivo	33
10	Nitrógeno por hectárea en distinta etapa fenológica	34
11	Promedio de nitrógeno por hectárea en la finca San Vicente	44
12	Promedio de nitrógeno por hectárea en el la finca Baul	45
13	Promedio de nitrógeno por hectárea en la finca La Isla	46
14	Promedio de nitrógeno por hectárea en la finca Playa Grande	47

10. APÉNDICE

1. Propuesta de elaboración de compost del abono verde (*Crotalaria juncea L.*) en la finca Pantaleon del municipio de Santa Lucía Cotzúlmaguapa, del departamento de Escuintla, Guatemala 2018.

2. INTRODUCCIÓN

En la producción de caña de azúcar se integran varios componentes que interceden en la productividad, estos componentes se conocen como insumos, maquinaria, tecnologías entre otros instrumentos donde la dependencia a ellos aumenta a medida de que se desea mejorar los ámbitos de producción. En el uso de estos insumos promueve al deterioro del suelo.

En los recursos disponibles para la producción, el suelo es un recurso no renovable y mediante a ello se debe de ingeniar medidas que puedan mitigar estas acciones de desgaste como la elaboración de abonos orgánicos donde se fabrican a base de los excedentes generados por el cultivo.

Los excedentes o desechos generados por la producción de caña de azúcar pueden ser reutilizables, donde se busca obtener una re-contribución al suelo y disminuir el uso de algunos componentes. Estos excedentes en el cultivo de caña de azúcar son conocidos como bagazo, ceniza, hojarasca, melaza, vinaza entre otros, donde se pueden aplicar en el campo o con la elaboración de abonos orgánicos como lo que son, ensilaje, compostaje, bucashí.

Este proyecto a nivel de pre-factibilidad evalúa la posibilidad de generar compostaje de forma anaeróbica para la elaboración de abono orgánico y ser aplicado en las fincas donde exista renovación de cultivo, donde cada 5 años se reemplaza el cultivo de caña de forma consecutiva. Será empleada esta práctica de manera a la búsqueda de la disminución de utilización de fertilizantes químicos y aumento de rendimiento generado por el material nutritivo del compost. Evaluará también el aspecto económico donde se utilizarán los indicadores financieros con el beneficio y el costo generado en la producción.

3. RESUMEN DEL PROYECTO

Este proyecto va consolidado a la producción de azúcar, reduciendo los costos del programa de fertilización dando un programa de fertilización con la elaboración de compost, para el máximo aprovechamiento del abono verde se necesita la descomposición del material vegetal mejorando la calidad de residuo orgánico.

Se idea la elaboración de compost de estilo de pileta o bunker, con el objetivo de mejorar las aptitudes de suelo en lotes donde se renueva el cultivo de caña de azúcar, fomentando la fauna microbiana, mejorar la productividad en términos de conservación de suelo y la producción de cultivos de manera convencional.

El proyecto contiene varias fases donde implica la recolección de los desechos, del material verde a usar, donde se procederá a la aplicación de insumos como inoculantes de bacterias y hongos descomponedores del material vegetal, para mejorar del residuo compostado. El uso de maquinaria será evaluado mediante un análisis de costo del proyecto conjuntamente los materiales a usar en donde serán agregados a los indicadores financieros.

El proyecto se justificara de acuerdo a los costos generados por actividades de forma tradicional de producción de caña de azúcar comprados con la utilización del compost, con un tiempo de vida de 5 años se estima su rentabilidad y viabilidad del proyecto mediante un estudio financiero, relacionando los costos originados y el beneficio esperado.

3.1. Nombre del proyecto

Propuesta de elaboración de compost del cultivo (*Crotalaria juncea L.*). En la finca San Vicente del municipio de Santa Lucía Cotzúlmaguapa, del departamento de Escuintla, Guatemala 2018.

3.2. Ubicación del proyecto

El proyecto se realizará en la finca San Vicente lote 202 en el municipio de Santa Lucía Cotzúlmaguapa, Escuintla.

3.3. Duración del proyecto

El proyecto tendrá una vida útil de 5 años (proyecto a corto plazo), modo de prueba de forma convencional para el cultivo de caña de azúcar.

3.4. Costo total del proyecto

El proyecto tendrá una inversión inicial de \$14,379.00 en la compra de materiales y utensilios para la elaboración de 1000 Ton de compost, donde la rentabilidad adquirida de ahorro en uso de fertilizante es a un 80% a la inversión del proyecto.

3.5. Beneficiarios del proyecto

El benéfico va directamente a la empresa Pantaleón donde el incremento de la rentabilidad va reflejada en el ahorro del plan de fertilización juntamente con el aumento de rendimiento donde será contemplado una estimación de producción para ciclos futuros.

4. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Los cultivos en rotación son una alternativa de recuperación de suelo debido a la utilización de plantas con alto contenido de nutrimentos que sirven como propósito de alimentar al cultivo de interés al siguiente ciclo y la mejora al suelo. Para revertir el deterioro del sistema productivo se debe incluir un buen manejo de cultivo que promueva el mejoramiento de la calidad y salud ecológica de los suelos (Gilsanz, 2012).

El material vegetal incorporado al suelo no está en sus condiciones óptimas de aprovechamiento debido a que se encuentra lignificado y en trozos de gran tamaño, y debido a las condiciones de ambiente no puede ser degradado en un tiempo adecuado, sin estar a disposición de aprovechamiento instantáneamente para el cultivo.

En el proceso de siembra se tiene contemplado la renovación de lotes productores de caña de azúcar que esto da lugar al programa de restauración de suelos, donde se utilizan prácticas de rotación de cultivos abono. Como la (*Crotalaria juncea L.*) Planta alta portadora de nitrógeno y biomasa es utilizada para aportación de nutrientes y materia orgánica.

Se idea la elaboración de compostaje del cultivo abono crotalaria para la degradación del material vegetal haciéndolo disponible para la planta en un tiempo de 3 meses formando abono orgánico de forma de restauración de suelos debido al desgaste del monocultivo de caña de azúcar.

En la producción de alimentos orgánicos, el compostaje es un excelente nutrimento para una planta, debido a que se encuentran todos los elementos (macro y micro elementos) que necesita una planta para su óptimo desarrollo y una manera viable de producir alimentos inocuos evitando el uso de elementos contaminantes químicos perjudiciales a la salud humana.

5. JUSTIFICACIÓN

Los abonos orgánicos son sustancias que están constituidas por desechos de origen animal, vegetal o mixto que se añaden al suelo con el objetivo de mejorar sus características, estos pueden consistir en residuos de cultivos anteriores dejados en el campo después de la cosecha, cultivos de abonos verdes entre otros.

Para la elaboración de compostaje de cultivos abonos se necesita la utilización de residuos orgánicos de alto potencial de aportación de materia orgánica donde conjuntamente con un proceso de descomposición del material vegetal se elabora un abono de alto potencial de fertilidad.

En una oportunidad de aprovechamiento del material vegetal proveniente de los lotes en renovación se puede realizar la extracción del material y compostaje de el para elaborar abonos orgánicos, donde pueden ser utilizados en las fincas obteniendo un rendimiento del 15% a 20% en aumento de TCH dependiendo la calidad del material.

El proyecto de la producción de azúcar orgánica en la región sur del país es un plus para la elaboración de abonos orgánicos complementados en los programas de fertilización de cultivo de caña de azúcar ya que a medida que el mercado orgánico mundial va en incremento medida que demandan alrededor de 55,000 millones de dólares anuales (Porrás, 2011). A demás se obtiene como beneficio conservar el recurso más indispensable que es el suelo y mejorando su capacidad de dar cosechas con el uso de prácticas convencionales y amigables con el medio ambiente.

6. OBJETIVOS DEL PROYECTO

6.1. General

- Idear de un programa de compostaje con los desechos provenientes del cultivo de caña de azúcar juntamente con el cultivo abono (*Crotalaria juncea L.*).

6.2. Específicos

- Reducir la dependencia de fertilizantes químico en el inicio de ciclo rotativo del cultivo de caña de azúcar.
- Realizar un programa de elaboración de compostaje con la utilización de biomasa de leguminosa juntamente con los desechos proveniente de la fábrica.
- Realizar un análisis económico mediante la relación beneficio/costo del compostaje.

7. ESTUDIO DE MERCADO

6.1. Uso de abonos verdes y respuesta al deterioro del suelo mediante prácticas convencionales.

Los abonos verdes se refieren al uso de cultivos, residuos de cultivo y restos vegetales que se debe mantener. Mejora la calidad y salud de los suelos, los residuos se pueden usar con diversos fines como incrementar su fertilidad, mejorar el ciclaje de nutrientes y se le da el nombre de cultivos de cobertura o cultivos verdes (Gilsanz, 2012).

En suelos deteriorados se observa un menor desarrollo y vigor en los cultivos viéndose Expuestos fácilmente al ataque de plagas y de enfermedades. Para mantener el nivel productivo de esos predios se hace necesario un mayor uso de agroquímicos, lo que va en desmedro del medio ambiente, y consecuentemente en una pérdida en la sustentabilidad de la producción, conjuntamente con un incremento en los costos de producción (Gilsanz, 2012).

La medida curativa que se aporta gracias a estos residuos puede dar múltiples aportaciones benéficas, como la mejora de la flora microbiana juntamente con un buen desarrollo del cultivo y a producir más alimento en una pequeña unidad de área. Este proceso es consecutivo y trascendental beneficiando a todos los factores que interceden en el sistema productivo de forma periódica conservando las aptitudes ideales para producir cualquier infinidad de cultivos.

En el uso de cultivos verdes se sugiere utilizar el mínimo laboreo que implica el uso de determinado tipo de maquinaria y la frecuencia de usos de estas para su manejo ya que esto se hace para que el sistema sea sustentable.

6.2. Proyecto de compostaje de cultivos verdes

El compostaje es una alternativa de conservación de suelos en que se utilizan el uso de abonos verdes como lo son las gramíneas, leguminosas y otras plantas de ciclo corto, donde se utilizan la aportación de sus cuerpos a medida que llegan al final de su crecimiento en masa y nutrientes.

La descomposición de la materia orgánica puede realizarse por diferentes vías como la desintegración, fermentación o putrefacción, el compostaje es un proceso fermentativo en presencia de aire, con mayoría de bacterias y organismos descomponedores aeróbicos (Palmero, 2010).

La función fundamental de los abonos verdes es complementar la nutrición del cultivo de interés, realizando más bien a través de las fijaciones de nitrógeno o por su eficiencia de hacer disponibles los nutrientes (Guzman Casado & mielgo, 2004).

El uso de estrás prácticas de conservación de suelo suelen ser partidas para la disminución de la dependencia de insumos del exterior como fertilizantes, agroquímicos entre otros.

6.3. Análisis de demanda

Actualmente en el mercado accionista prefiere invertir en alimentos más inocuos donde se desea saber cómo fue producido estos alimentos, como fueron producidos y que aplicaciones con que producto del mercado. La preferencia de alimentos orgánicos va originada debido al consumo sano de alimentos libres de pesticida y productos químicos que infieren en la salud humana.

El consumo de producto orgánico viene creciendo desde hace 20 años en forma exponencial. Este es un mercado que crece conforme el tiempo y siempre está insatisfecho, la demanda ha crecido siempre más que la oferta (Fontenla, 2018).

El mercado de los productos orgánicos representa uno de los más dinámicos y diversos con gran crecimiento en los últimos años, según la federación internacional de movimientos de agricultura orgánica (IFOAM) y el instituto de investigación para la agricultura orgánica (FIBL), el mercado orgánico duplicó su tamaño entre el 2003 y el 2008 al pasar de US\$25000 millones a US\$55,900, el mercado orgánico tuvo un crecimiento del 5% (Porrás, 2011).

7.1. Análisis de la oferta

La dependencia de alimentos orgánicos en países tercermundistas se encuentra en un nivel bajo, debido a que los agricultores no invierten en prácticas convencionales de producción de alimentos. Donde en un futuro pueda ser de suma importancia para la población debido a conservar la salud y promover el bien estar del ambiente, juntamente a ello existe programas de conservación y producción relacionado a la agricultura organica en donde se empieza a ejecutar estos proyectos para disminuir la dependencia de insumos químicos.

7.2. Análisis de los precios

Los precios de los alimentos orgánicos no sólo comprenden al costo de la producción misma de los alimentos, sino también a otra serie de factores que no quedan contenidos en los precios de los alimentos corrientes, por ejemplo:

- La promoción y protección del medio ambiente (y evitar futuros gastos para mitigar la contaminación).
- mayor bienestar de los animales.
- Eliminación de riesgos para los agricultores por la manipulación inadecuada de plaguicidas (y eliminación de futuros gastos médicos).
- Desarrollo rural a través de la creación de más empleos agrícolas y al asegurar un ingreso justo y suficiente para los productores.

8. ESTUDIO TECNICO

8.1. Tamaño del proyecto

El proyecto se elaborara en la finca San Vicente lote 202 donde se dispone 21 hectáreas para la siembra de caña de azúcar, lote en renovación donde se renueva el cultivo de caña de azúcar a cada 5 años donde realizan enmiendas de suelo y otras medidas de aprovechamiento de un lapso de tiempo de 6 meses.

8.2. Localización del proyecto

El proyecto se llevará a cabo dentro de la finca Pantaleon En el lote demostrativo 101, ubicada en el municipio de Santa Lucia Cotzúlmaguapa, del departamento de Escuintla.

8.3. INGENIERÍA DEL PROYECTO

8.3.1. Programa de compostaje del cultivo abono (*Crotalaria juncea L*).

- Establecimiento
- Acopio
- Compostaje
- Distribución
- Plan de fertilización

a. Establecimiento

En el establecimiento de la elaboración de compost se debe de realizarlo en un campo libre de anegaciones o encharcamientos con una pendiente mínima de 1% no máxima a 35%, con facilidad de acceso y libre de contacto urbano, se debe de disponer de una fuente de agua para riego y mantener la humedad del (70%) para la degradación del material verde.

b. Acopio

Los distintos materiales se obtienen en un radio no mayor a 10km donde se trasladan al centro de acopio.

En el momento de adquirir los materiales a utilizar se deberá de cuantificar la cantidad del material que se desee fabricar donde la cantidad y volumen a usar para el proyecto se presenta en la siguiente cuadro.

Cuadro 1. Ingredientes del compostado

Descripción	Cantidad	UM
Insumos		
Vinaza	100.00	LT
Bagazo de caña	100.00	Ton
Cachaza	150.00	Ton
Ceniza de Bagazo de caña	150.00	Ton
Ferteco 4	50.00	Lt
Biomasa de leguminosa	600.00	Ton
Caldo Bacteriano (crecimiento)	50.00	1E20 UFC por ml
Caldo Bacteriano para control de plagas y enfermedades (PROM)	10.00	1E20 UFC por ml
Clado Bacterino para control de plagas y enfermedades (BIOC)	10.00	1E20 UFC por ml
Caldo Bacteriano de degradador de materia organica (BIODEG)	10.00	1E20 UFC por ml
Paecilomyces lilacinus	10.00	5.00E+12
Trichoderma harzianum	10.00	5.00E+12
Beauveria bassiana	10.00	5.00E+12
Metarhizium anisopliae.	10.00	5.00E+12

Los materiales provenientes de la leguminosa deben de estar triturados para fácil manipulación y para el aumento en la rapidez de descomposición del material, conjuntamente con la tabla, muestra las proporciones donde estará compuesto nuestro compost siendo de:

60% material lignificado (Crotalaria)

15% Cachaza (Sub producto)

15% Ceniza de caña (Sub producto)

10% Bagazo de caña (Sub producto)

c. Compostaje

En el manejo del cultivo de la crotalaria para forraje se establece debidamente sean las especificaciones de la finca y su uso, el objetivo de siembra de cultivos verdes es en la reducción de costos en la compra de fertilizantes debido a la incorporación del material vegetal verde al suelo aportando nutrimentos y mejorando la estructura y textura del suelo.

Debidamente en la siembra de estos cultivos el manejo que se brinda depende de los objetivos, para utilizarlo en abono no se recomienda en la inversión de fertilizantes para el desarrollo del cultivo y en brindar un manejo integrado del cultivo como el control de plagas y enfermedades, las únicas labores que se planifican están consolidadas al establecimiento, preparación, siembra e incorporación.

Elaboración del compost

El método a utilizar en la elaboración del compost será utilizando un compostaje a montones o tipo PILA que consiste en realizar como surqueo de residuos orgánicos

Este sistema de compost es ideal para los residuos de caña de azúcar provenientes de los materiales residuales del proceso de la azúcar como lo son el gabazo, la vinaza, melaza entre otros.

Elaboración de camas

En la preparación de las camas se realiza con medidas de 1.70m de base, 1 metro de altura y distancia que se desea de largo. Todo esto para obtener temperaturas a más de 70°C en el interior de la pila y con el objetivo de agilizar el proceso de descomposición (Palmero, 2010).

En la elaboración de las camas se necesitara utilizar tractor con un implemento CIVEMASA 4.0, con medidas de ancho de 3.785m, con un requerimiento de fuerza de (5hp) hp y un peso del equipo de 5060Kg. Esta máquina será encargada de dar volteo al material para ser expuesto y permitirle la aireación al sustrato

El tamaño óptimo varía con el tipo de material, la temperatura ambiente y la maquinaria de volteo disponible. Lo usual para tractor es que se formen pilas de sección trapezoidal. La altura puede oscilar entre 1.3 - 1.5 m y su ancho dependerá del instrumento, siendo habitual que vaya de 2,5 a 4 m.

Se estima un uso de 144 horas del implemento volteadora de compost, donde será utilizada tres veces a la semana.

Conformación de la pila: La pila se debe confeccionar en capas o mezclando los materiales en la producción de tres partes de material verde juntamente con una parte de material seco y los insumos a aplicar.

La primera capa de la pila tendrá aproximadamente 60% de grosor y será de materiales leñosos verdes.

Se aplicara el material residual o material seco proveniente de los desechos de caña de azúcar (Gabazo) para el mezclado con el material verde.

En la aplicación de insumos se realizara en una pipa de agua con capacidad de portar 2000lts de agua mezclado los inoculantes reproducidos en el laboratorio de plagas del ingenio. Como son (Caldo bacteriano para control de plagas y enfermedades, degradadores de materia orgánica). Dosis 10lts/ha.

Se realizara el transporte de las 10 toneladas de residuos orgánicos provenientes del Ingenio Panteón.

Cubierta de la pila: se cubrirá la pila con nylon negro perforado, con el objetivo de evitar el secado y deshidratación del montón, evitar el puntual exceso de humedad después de la lluvia, permitir la necesaria circulación del aire del montón, brindar protección de la radiación solar y retener el calor generado por la pila.

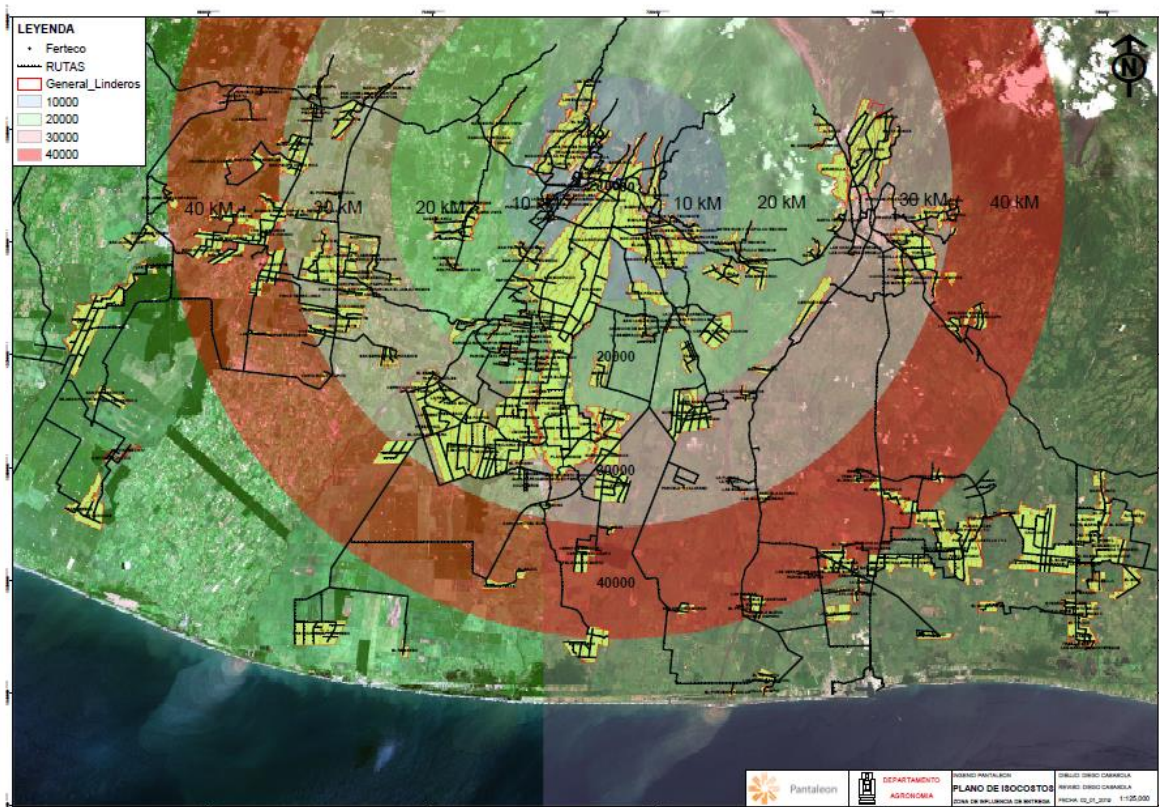
d. Distribución

En el proceso de transporte se tiene contemplado el uso de maquinaria como camiones de auto-volteo, dependiendo del volumen del material se estima la carga de 5 toneladas de material distribuidos en un radio de 10km donde se estima el costo de transporte del material, se piensa la distribución de 5 toneladas de material en un rango de 40km distribuidos de 10 en 10.

Cuadro 2. Costo de transporte

Rutas	Precio transporte Total		Diferencia	
10 km	\$	73.50	137.5	\$ -64.00
20 km	\$	90.12	154.12	\$ -64.00
30 km	\$	115.05	195.05	\$ -80.00
40 km	\$	148.29	228.29	\$ -80.00

Cuadro 3. Vías de acceso.



e. Plan de fertilización.

En el plan de fertilización se necesitó realizar análisis de macro y micro nutrientes provenientes del cultivo abono, donde juntamente se recopiló información acerca de las propiedades nutricionales de la cachaza, ceniza de caña y gabazo de caña.

Cuadro 4 y 5. Propiedades de la cachaza y de vinaza

Cuadro 4. Análisis de la cachaza utilizada para la investigación.

Fecha	pH	Relación C/N	Nitrógeno (N)	CONCENTRACION (p/p) %	
				Fósforo (P_2O_5)	Potasio (K_2O)
15/01/2012	5.3	55.20	1.19	3.20	0.68
15/01/2012	4.9	60.00	1.07	2.71	0.70
15/01/2012	5.4	54.40	1.03	1.75	0.53
PROMEDIO	5.20	56.53	1.10	2.55	0.64

Cuadro 5. Análisis de la vinaza utilizada para la investigación.

Fecha	pH	Nitrógeno (N)	CONCENTRACION (p/v) %	
			Fósforo (P_2O_5)	Potasio (K_2O)
16/02/2012	5.10	0.22	0.04	0.67
17/02/2012	4.60	0.38	0.02	1.61
18/02/2012	5.00	0.16	0.01	1.51
PROMEDIO	4.90	0.25	0.02	1.26

Cuadro 6. Características de las cenizas

1. Características de las cenizas estudiadas.

Características (%)	CBC1	CBC2
SiO_2	72,8	61,3
Al_2O_3	6,4	5,6
Fe_2O_3	5,5	5,6
CaO	3,8	3,9
MgO	2,3	3,2
K_2O	2,7	5,0
Na_2O	1,2	0,9
Pérdidas por ignición	3,7	11
Tamaño de partícula (μm)	79,8	41,5

Fuente: Datos pantaleon

Cuadro 7. Contenido nutricional de la crotalaria

Etiquetas de fila	Promedio de Area/ha	Promedio de Plantas/ha	Promedio de kg N/Ton Crot fresca	Promedio de kg P/Ton Crot fresca	Promedio de kg K/Ton Crot fresca
San Vicente	2.138	2529880	9.945071381	2.04016771	14.72963995
401	3.07	2686140	9.81969369	1.620907313	13.61579713
603	0.78	2265960	12.19802794	2.542486324	15.49492932
704	2.07	2313540	9.668177636	2.113517138	14.77163349
901	2.85	2430360	10.11301186	1.985352968	14.86543794
903	2.39	2751600	9.961484798	2.248701633	15.19273759
1003	1.67	2731680	7.910032358	1.730040886	14.43730424
Total general	2.138	2529880	9.945071381	2.04016771	14.72963995

Fuente. Datos de Pantaleón.

Esta información brindo una estimación del contenido nutricional del compost dimensionada a una tonelada de material, donde luego se inicia con el programa de fertilización relacionando los datos obtenidos con el programa de fertilización tradicional y se estima una reducción de costos de fertilizacion al inicio del ciclo del cultivo.

Cuadro 8. Propiedades del compostaje

Elementos	N	P	K
Crotalaria	9.945	2.24	14.7296
Ferteco 4	20	40	50
Cachaza	22	51	12.8
Vinaza	25	2	126
Bagazo	0	2	10
Ceniza	0	0	63
Total/Ton	76.945	97.24	276.5296

Plan de fertilización en forma tradicional

En el plan de fertilización tradicional se utiliza una dosificación de nitrógeno con fosforo aplicados en el primer ciclo del cultivo.

El primer ciclo es el primer año donde hubo renovación

Cuadro 9. Plan de fertilización al inicio del ciclo

Costo	Requerimiento	Dosis	Rotacion	Surco	Suelo	F1	F1	Complemento
\$280	N	110	20	20	20	5	5	40
1mer ciclo	P	80	40	40				
\$294	N	130		60		15	15	40
Ciclos continuos	P	40		20	20			

En el resto del ciclo del cultivo cambia sus dosis de aplicación, fomentando al crecimiento del cultivo y desarrollo. Este plan se utiliza en el periodo de 4 años donde culmina el ciclo del cultivo.

Fertilización con compostaje en rotación

Costo	Requerimiento	Dosis	Rotacion	Surco	Suelo	F1	F1	Complemento
\$140	N	75	20	20		5	5	40
1mer ciclo	P	20	10	10				
\$220.50	N	90		40		5	5	40
Ciclos continuos	P	20		20				

Los requerimientos son reducidos gracias a la tabla de sumatoria de componentes nutricionales contenido en los residuos orgánicos y base del cultivo abono.

Reduce la influencia en la utilización de materiales orgánicos juntamente se estima un ahorro de la utilización del compostaje con un 100% en el ciclo uno y con un 25% los ciclos consecutivos del cultivo.

f. Beneficios

La crotalaria es un excelente cultivo de cobertura o estiércol verde. Germina y se desarrolla rápidamente, tiene un hábito de crecimiento denso que suprime las malezas, reduce la población de nematodos en el suelo, fija nitrógeno atmosférico

y produce abundante materia orgánica. Puede producir de 5,600 a 14,000 kg/ha de biomasa seca y aportar hasta 204 kg/ha de nitrógeno (Brunner & Flores, 2009).

Para la elaboración de abonos orgánicos como lo es el compostaje los beneficios van directamente a la mejora de condición de suelo gracias al aporte del materia vegetal descompuesto y gracias a esto contribuyen también con la disminución de gasto de insumos en los primeros ciclos de establecimiento de cultivo de caña de azúcar hasta su renovación.

El éxito del uso de abonos verdes se mide por el incremento en el rendimiento del cultivo siguiente o el menor laboreo en la preparación de la cama de siembra, ahorro de fertilizante nitrogenado para el cultivo siguiente, mayor cantidad de agua disponible en el suelo y un aumento en la mejora de la estructura de suelo, reducción de plagas y enfermedades y incidencia de ellos.

g. Aumento de rendimiento en el cultivo asociado

El rendimiento ideal será aquel que pueda pagar los gastos generados por la elaboración del compost y pueda generar ganancias, medidas como: El aumento de tonelaje de azúcar obtenido por ha, los beneficios generados por el compost al cultivo.

El proyecto medirá la elaboración de 5 toneladas de material compostado, siendo la dosis de aplicación por hectárea. Donde los costos de fertilización serán alterados gracias al aporte nutricional de esta práctica.

Cuadro 1. Relación de rendimiento de cultivo de caña de azúcar con el abonado por el compost.

Este proyecto medirá el ahorro del uso del fertilizante tradicional contra el uso de compostaje, no se tomara en cuenta el aumento de rendimiento del cultivo debido a la falta de información en la localidad.

El precio de venta de 25Kg de azúcar fue establecido a \$15.80 definido por el precio de venta por proyecto.

RELACIÓN DE RENDIMIENTO DE CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR CON COMPOSTAJE	
Con compost	Sin compost
1 TnA/ha	1 TnA/ha
Ingreso (\$632/Tn)	Ingreso (\$632/Tn)

8.4. COSTOS DEL PROYECTO

Cuadro 3. Costos de insumos para el proyecto.

Descripción	Cantidad	UM	C/U USD	Total
Insumos				\$ 4,445.43
Vinaza	100.00	LT	\$ 6.00	\$ 600.00
Bagazo de caña	100.00	Ton	\$ 3.55	\$ 70.96
Cachaza	150.00	Ton	\$ 3.55	\$ 106.50
Ceniza de Bagazo de caña	150.00	Ton	\$ 3.55	\$ 106.44
Ferteco 4	50.00	Lt	\$ 8.00	\$ 400.00
Biomasa de leguminosa	600.00	Ton	\$ 3.65	\$ 2,192.40
Caldo Bacteriano (crecimiento)	50.00	1E20 UFC por ml	\$ 0.35	\$ 17.57
Caldo Bacteriano para control de plagas y enfermedades (PROM)	10.00	1E20 UFC por ml	\$ 0.35	\$ 3.51
Clado Bacterino para control de plagas y enfermedades (BIOC)	10.00	1E20 UFC por ml	\$ 0.35	\$ 3.51
Caldo Bacteriano de degradador de materia organica (BIODEG)	10.00	1E20 UFC por ml	\$ 0.35	\$ 3.51
Paecilomyces lilacinus	10.00	5.00E+12	\$ 0.72	\$ 7.16
Trichoderma harzianum	10.00	5.00E+12	\$ 1.92	\$ 19.19
Beauveria bassiana	10.00	5.00E+12	\$ 0.76	\$ 7.57
Metarhizium anisopliae.	10.00	5.00E+12	\$ 0.72	\$ 7.16
lynon	3.00	Unidad	\$ 300.00	\$ 900.00

Cuadro 4. Costos de Equipo a usar para el proyecto.

Descripción	Cantidad	UM	C/U USD	Total
Materiales (equipo)				\$ 7,609.51
Camión auto volteo	10.00	Km	\$ 7.00	\$ 70.00
Estacas	100.00	unidad	\$ 1.00	\$ 100.00
Retroexcavadora	8.00	hrs	\$ 15.00	\$ 120.00
Grúa	8.00	hrs	\$ 15.00	\$ 120.00
Tractor	8.00	hrs	\$ 15.30	\$ 122.40
Maquina volteadora de compost	144.00	hrs	\$ 8.00	\$ 1,152.00
Termómetro	2.00	unidad	\$ 67.57	\$ 135.14
Conductímetro	1.00	unidad	\$ 3,315.03	\$ 3,315.03
Balanza	1.00	unidad	\$ 2,013.51	\$ 2,013.51
Refractómetro	1.00	unidad	\$ 300.00	\$ 300.00
Pichel de 1000 ml	3.00	unidad	\$ 14.86	\$ 44.59
Cajas Petri	5.00	unidad	\$ 0.41	\$ 2.03
Etiquetas	100.00	unidad	\$ 0.30	\$ 30.00
Marcadores	3.00	unidad	\$ 1.62	\$ 4.86
Papel absorbente	5.00	unidad	\$ 4.05	\$ 20.27
Beaker	3.00	unidad	\$ 3.38	\$ 10.14
Pizeta	3.00	unidad	\$ 6.08	\$ 18.24
Espátula	3.00	unidad	\$ 5.41	\$ 16.22
Pipeta 5 mL	3.00	unidad	\$ 2.03	\$ 6.08
Pipeta 10 MI	3.00	unidad	\$ 3.00	\$ 9.00

Los costos están dirigidos a la elaboración de 100 toneladas de material equivalente a 5 toneladas por ha en la finca.

El precio por tonelada de compostaje sería una aproximación de \$130 - 5ton/ha.

9. ESTUDIO FINANCIERO

9.1. Evaluación financiera del proyecto

El estudio financiero, permite determinar la factibilidad del proyecto pues determina la rentabilidad y da las pautas para establecer si es conveniente o no implementar el proyecto. En este estudio se cuantifican los recursos financieros que son necesarios para poner en marcha el proyecto, como también comparar los ingresos y los egresos lo que permite percibir los resultados del proyecto en marcha.

Se determinara la inversión inicial del presente proyecto y si es económicamente factible. Para esto, se mostrará el comportamiento proyectado del coste de producción, los gastos administrativos, y de ventas; con esta información se determinara el valor actual neto (VAN) y la relación beneficio costo (B/C).

En este estudio se analizaran los egresos e ingresos que se proyectan, en un período de cinco años, arrojando un resultado que se espera ser positivo.

A continuación se mostrara unos cuadros con los costos de cada operación ejecutada en el proceso de producción del cultivo de caña de azúcar, donde esta contemplada los rubros desde arrendamiento de tierras, uso de maquinaria, transporte, producción y cosecha. Datos obtenidos por la ejecución de presupuesto agrícola para la producción de caña de azúcar en la costa sur de Guatemala.

Análisis financiero en un sistema tradicional de cultivo de caña de azúcar 1Ha

Cuadro 4. Flujo de efectivo Egresos

Flujo de efectivo (E)							
Salidas		Años					
	-	1	2	3	4	5	
Manejo del cultivo							
Preparación de tierras	-	\$ 347.89					
Siembras	-	\$ 791.53					
Traslado a cargos diferidos	-	\$ 1,139.41	\$ 1,196.38	\$ 1,256.20	\$ 1,319.01	\$ 1,384.96	
Desbasurado	-	\$ 28.95	\$ 30.39	\$ 31.91	\$ 33.51	\$ 35.18	
Resiembra	-	\$ 133.03	\$ 139.68	\$ 146.66	\$ 154.00	\$ 161.70	
Escarificado	-	\$ 21.37	\$ 22.44	\$ 23.56	\$ 24.74	\$ 25.97	
Malezas Afuera	-	\$ 34.94	\$ 36.69	\$ 38.52	\$ 40.45	\$ 42.47	
Malezas Adentro	-	\$ 232.43	\$ 244.05	\$ 256.25	\$ 269.07	\$ 282.52	
Fertilización	-	\$ 280.00	\$ 294.00	\$ 308.70	\$ 324.14	\$ 340.34	
Riegos	-	\$ 528.58	\$ 555.01	\$ 582.76	\$ 611.90	\$ 642.49	
Labores Varias	-	\$ 94.53	\$ 99.25	\$ 104.22	\$ 109.43	\$ 114.90	
Drenajes	-	\$ 37.49	\$ 39.36	\$ 41.33	\$ 43.40	\$ 45.57	
Plagas y Enfermedades	-	\$ 103.46	\$ 108.63	\$ 108.63	\$ 108.63	\$ 108.63	
Aplicación de compostaje							
Total	\$	2,634.18	\$ 2,765.89	\$ 2,898.75	\$ 3,038.26	\$ 3,184.74	

Cuadro 5. Flujo de efectivo Ingresos

Entradas	Años					
	0	1	2	3	4	5
Producción sin compost	0	10	9.6	9.3	9	8.6
Ton de azúcar/Ha	0	10	9.6	9.3	9	8.6
Total	0.00	3,483.25	3,343.92	3,239.42	3,134.92	2,995.59

Cuadro 6. Flujo de Caja en las 200 hectáreas

Flujo de caja	(Finca) Años						
Sin compost	0	1	2	3	4	5	
Ingresos	\$ -	\$ 696,649.03	\$ 668,783.07	\$ 647,883.60	\$ 626,984.13	\$ 599,118.17	\$ 2,354,724.06
Egresos	\$ -	\$ 526,836.27	\$ 553,178.09	\$ 579,750.65	\$ 607,651.85	\$ 636,948.11	\$ 2,071,629.98
Flujo neto		\$ 169,812.76	\$ 115,604.98	\$ 68,132.94	\$ 19,332.27	\$ -37,829.94	

Análisis financiero aplicando el compostaje a una dosis de 5ton/ha.

Cuadro 7. Flujo de efectivo Egresos

Flujo de efectivo (E)							
Salidas	-	1	2	3	4	5	
Años							
Manejo del cultivo	-						-
Preparación de tierras	-	\$ 347.89					
Siembras	-	\$ 791.53					
Traslado a cargos diferidos	-	\$ 1,139.41	\$ 1,196.38	\$ 1,256.20	\$ 1,319.01	\$ 1,384.96	
Desbasurado	-	\$ 28.95	\$ 30.39	\$ 31.91	\$ 33.51	\$ 35.18	
Resiembra	-	\$ 133.03	\$ 139.68	\$ 146.66	\$ 154.00	\$ 161.70	
Escoarificado	-	\$ 21.37	\$ 22.44	\$ 23.56	\$ 24.74	\$ 25.97	
Malezas Afuera	-	\$ 34.94	\$ 36.69	\$ 38.52	\$ 40.45	\$ 42.47	
Malezas Adentro	-	\$ 232.43	\$ 244.05	\$ 256.25	\$ 269.07	\$ 282.52	
fertilizacion con Compostaje	-	\$ 140.00	\$ 220.50	\$ 231.53	\$ 324.14	\$ 340.34	
Riegos	-	\$ 528.58	\$ 555.01	\$ 582.76	\$ 611.90	\$ 642.49	
Labores Varias	-	\$ 94.53	\$ 99.25	\$ 104.22	\$ 109.43	\$ 114.90	
Drenajes	-	\$ 37.49	\$ 39.36	\$ 41.33	\$ 43.40	\$ 45.57	
Plagas y Enfermedades	-	\$ 103.46	\$ 108.63	\$ 108.63	\$ 108.63	\$ 108.63	
Aplicación de compostaje	\$ 73.50						
Total con compost	\$ 73.50	\$ 2,354.18	\$ 2,471.89	\$ 2,590.05	\$ 2,714.12	\$ 2,844.40	

Cuadro 8. Flujo de efectivo Ingresos

Entradas	Años					
Produccion con compost	0	1	2	3	4	5
Ton de azucar/Ha	0	10	9.6	9.3	9	8.6
Total	0.00	3,483.25	3,343.92	3,239.42	3,134.92	2,995.59

Cuadro 9. Flujo de Caja en las 200 hectáreas

Flujo de caja	(Finca) Años						
Con compost	0	1	2	3	4	5	
Ingresos	\$ -	\$ 696,649.03	\$ 668,783.07	\$ 647,883.60	\$ 626,984.13	\$ 599,118.17	\$ 2,354,724.06
Egresos	\$ -137.50	\$ 470,836.27	\$ 494,378.09	\$ 518,010.65	\$ 542,824.85	\$ 568,879.76	\$ 1,850,918.37
Flujo neto	\$ -137.50	\$ 225,812.76	\$ 174,404.98	\$ 129,872.94	\$ 84,159.27	\$ 30,238.41	

8.2. Indicadores Financieros VAN, y B/C

La tasa de evaluación del VAN se ha fijado en un TREMA 12% que es una tasa promedio utilizada para este tipo de proyectos.

Cuadro 6. Indicadores financieros del proyecto

Sistema tradicional		Aplicación de compostaje	
INFLACION	5	INFLACIÓN	5
TREMA	12%	TREMA	12%
VAN	\$283,094.08	VAN	\$449,431.29
R B/C	1.14	R B/C	1.27

Fuente: elaboración propia

Los resultados del VAN, y el B/C muestra que el proyecto es rentable. Es necesario indicar que los cálculos de estos indicadores han sido efectuados utilizando los flujos de caja que fueron estimados por el sistema de inversión del ingenio Pantaleón.

Con el beneficio costo del cultivo más compostaje comparado con el sistema tradicional de fertilización muestra una ganancia significativa de 0.13 centavos de dollar por cada dólar que es invertido en utilización de abonos comospados.

Hay que tomar en cuenta el aumento de rendimiento del cultivo donde se puede estimar a un 20% más que en el uso tradicional por la utilización de un abono orgánico.

.

10.CONCLUSIONES DEL PROYECTO

La utilización de abonos orgánicos forma parte a un programa de reutilización de desechos con la elaboración de abonos inocuos para la producción de cultivos tropicales o de origen de aprovechamiento. Para mayor interpretación del benéfico obtenido gracias a los abonos orgánicos es formando un sistema de proceso donde pude interceder el elemento que deseamos incluir comparando con el que se usaba anterior mente, esto dará un beneficio esperado.

De los indicadores utilizados para la formulación del proyecto y en la toma de decisiones fueron Valor actual neto y Relación beneficio costo, donde no fue tomada la tasa interna de retorno, debido a que la inversión del proyecto es mínima y se dice que las ganancias generadas sobre pagan el proyecto.

Con el análisis financiero se puede apreciar el ahorro generado en la comparación de los resultados el uso de compostaje vs fertilización tradicional, gracias al valor actual neto muestra un ahorro en el sistema de plan de fertilización con compostaje de \$166,337.21 donde juntamente se dice que se obtiene una relación de costo beneficio con una ganancia de 0.13 centavos de dólar por hectárea en la utilización de cada dólar invertido al proyecto.

11. Bibliografía

- Brunner, B., & Flores, L. (2009). *Proyecto de agricultura organica*. Estacion experimental agricola las lajas, Departamento de cultivos y ciencias agroambientales, Puerto Rico. Recuperado el 18 de octubre de 2018
- Fontenla, D. (28 de Febrero de 2018). *Agrofy News*. (S. Espejo, Productor, & MAPO) Recuperado el 15 de Octubre de 2018, de <https://news.agrofy.com.ar/noticia/173821/demanda-productos-organicos-crece-nivel-mundial>
- Garcia Carreon, S., & Martinez Mendez, M. (2006). *Abonos Verdes*. Secretaria de agricultura, ganaderia, desarrollo rural, pesca y alimentos. Mexico: Colegio de posgraduados. Recuperado el 13 de Noviembre de 2018
- Gilsanz, J. (2012). *Abonos verdes en la produccion horticultura: usos y manejo*. (U. d. INIA, Ed.) Montevideo, Uruguay: Editorial Hemisferio Sur S.R.L. Recuperado el 27 de Septiembre de 2018, de <http://www.inia.org.uy>
- Guzman Casado, G., & mielgo, A. (2004). *Buenas practicas en produccion ecologico. (Uso de abonos verdes)*. (S. g. tecnica, Ed.) España: Ministerio de medio ambiente, medio rural y marino. Recuperado el 10 de Octubre de 2018
- Palmero, R. P. (2010). *Elaboracion de compost con restos vegetales por el sistema tradicional de pilas o en montones*. Litografia Santa Elena . Recuperado el 5 de Octubre de 2018
- Porras, k. L. (2011). *El mercado de productos organicos: oportunidades de diversificacion y diferenciación para la oferta exportable*. PROCOMER, Costarica. Recuperado el 28 de Octubre de 2018

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente en el campo agronómico se ha implementado nueva tecnología que nace de la necesidad de generar información precisa para la toma de decisiones en distintas etapas de cualquier cultivo, mediante el Remote Sensing (RS) “Sensoramiento Remoto o teledetección”. Obtiene información del cultivo en forma periódica y confiable con el uso de imágenes Satelitales puede ser una alternativa viable gracias a los satélites que brindan información de imágenes híper espectrales conjugando las distintas bandas, obteniendo los índices de humedad, vegetación, de estrés y entre otros.

La agricultura de precisión se considera como una serie de técnicas que consiste básicamente en el manejo eficiente de los recursos involucrados a la producción que implica y considera la variabilidad temporal y espacial de los campos de cultivo para uso apropiado de los equipos, insumos y mediante la disposición de nuevas tecnologías como software, imágenes y sensores.

Estas tecnologías se encuentran a disposición de la red y mediante ello el Ingenio Pantaleón las adopta formando la unidad de Agricultura de Precisión (AP). El ingenio les asigna 9 fincas con un total de 4,822 ha de cultivo de caña de azúcar donde constantemente se introduce tecnología, tanto para la producción, como para el análisis de la información generada por sensores y otros equipos.

Para el Ejercicio Profesional Supervisado se plantea cuatro servicios en la unidad de Agricultura de Precisión, que consiste básicamente en: 1) la generación y análisis de información obtenida mediante imágenes satelitales (Landsat 8 OLI y Sentinel 2) dando procesamiento a la generación de mapas para el departamento. 2) Elaboración de ensayos de aplicación de hidrogel en distintas fincas a cargo del departamento. 3) Elaboración de la curva de crecimiento del cultivo de la crotalaria por ciclo fenológico. 4) Realizar el ordenamiento de información utilizada en la cosecha mecánica automatizada.

2. OBJETIVOS

2.1 General

Contribuir con los proyectos que realiza el Ingenio Pantaleón S.A mediante la aplicación de técnicas e intervenir en las actividades de la unidad de Agricultura de Precisión (AP).

2.2 Específicos

- Elaborar un diagnóstico en la unidad de práctica mediante un análisis FODA del departamento de Agricultura de Precisión.
- Elaborar y ejecutar el plan de servicios asignados por el jefe del departamento de Agricultura de precisión de la Institución.
- Formular un proyecto a nivel de prefactibilidad como propuesta de mejora a un proceso productivo.

3. DIAGNÓSTICO GENERAL DE LA UNIDAD DE PRÁCTICA

3.1 Información general

El Ingenio Pantaleón es una organización privada, agroindustrial dedicada al procesamiento del cultivo de caña de azúcar, cuenta con 52,000 ha en los departamentos de Escuintla, Santa Rosa y Suchitepéquez.

Se posiciona como el segundo mayor productor de azúcar en el país, con alrededor de 487,742 TM de azúcar, que representan el 17.94% de la producción nacional. Abastece de energía al sistema eléctrico de Guatemala, produce bioetanol al 98% y 100% y genera alrededor de 11,750 empleos con 43.5% de trabajadores fijos (Pantaleon , 2018). En la actualidad la organización Pantaleón hace grandes inversiones en la investigación agrícola, ya que de acuerdo a los resultados producidos se generan nuevas tecnologías que contribuyen al desarrollo comercial de la empresa.

3.1.1 Antecedentes históricos

Las operaciones de la empresa Pantaleón iniciaron a mediados del siglo XVIII por el señor Manuel María Herrera; primer propietario de la finca Pantaleón en 1849 que abarcaba desde San Gregorio entre Siquinalá y Santa Lucia Cotzumalguapa de departamento de Escuintla, juntamente con sus hijos Francisco Herrera y Carlos Herrera fundaron la empresa al adquirirse con máquinas agrícolas y maquinas industriales a través de las cuales exportaron al extranjero, fomentaron los mercados nacionales en 1920, expandieron sus mercados iniciando la comercialización nacional siendo una de las mejores empresas en Guatemala en 2004. Ingenio Pantaleón aprovecha los recursos de la caña conjuntamente lleva a cabo procesos como la destilería para producir etanol y otros productos elaborados en la mezcla, iniciando su fundación Pantaleón en 1992 y expandiéndose en países como Brasil, Nicaragua, honduras.

3.1.2 Ubicación geográfica de zonas cañeras

La zona cañera de la costa sur de Guatemala se encuentra ubicada en coordenadas geográficas 91°50'00" - 90°10'00" Longitud Oeste y 14°33'00" - 13°50'00" Latitud Norte. Geopolíticamente está localizada en los departamentos de Retalhuleu, Suchitepéquez, Escuintla, Santa Rosa y Jutiapa (Melgar, Orozco, & Pérez, 2014).

A continuación un mapa de ubicación de las zonas cañeras de la costa sur de Guatemala.

Figura 1. Ubicación de la zona cañera de Guatemala



Fuente. CENGICAÑA, 2014

El Ingenio Pantaleón posee propiedades en los departamentos de Escuintla, Suchitepéquez, Retalhuleu y Santa Rosa en que se caracterizan por fincas ya sean productivas, áreas de investigación y de reserva natural en la región sur del país.

Vía de acceso: El casco del Ingenio Pantaleón se encuentra en el kilómetro 86.5 carretera al Pacífico del municipio de Siquinalá, en el departamento de Escuintla. Los servicios se ejecutarán en las áreas de producción de caña de azúcar a cargo del departamento de agricultura de precisión (AP). El departamento de agricultura de precisión se encuentra en el casco central del Ingenio Pantaleón, dentro de las coordenadas geográficas Latitud 14° 20' 04" Norte y Longitud 90° 59' 31" Oeste, a una altitud de 460 msnm.

3.1.3 Clima y zonas de vida

La zona cañera de Guatemala se ha dividido en cuatro estratos, con base en su posición altitudinal expresada en metros sobre el nivel del mar (msnm). La posición altitudinal en la zona cañera de Guatemala está asociada a variaciones climáticas y de suelo, debido a que la fisiografía de la región corresponde a un paisaje natural de planicie de pie de monte y forma un plano inclinado, que se inicia con pendientes de 7 a 25 por ciento cerca de la cadena montañosa, con relieve ondulado o de lomerío y va descendiendo suavemente hacia la costa del Pacífico con relieve plano. El estrato alto está localizado en la zona superior a los 300 msnm; el estrato medio entre 100 y 300 msnm; el estrato bajo entre 40 y 100 msnm y el estrato litoral se localiza entre 0 y 40 msnm. La ubicación de los cuatro estratos en la zona cañera se presenta en la Figura 2 (CENGICANÁ, 2014).

A continuación se muestra el mapa de estratos de la zona cañera dependiendo de su nivel altitudinal.

Figura 2. Estratos altitudinales de la zona cañera



Fuente: CENGICAÑA, 2014

Cuadro 1. Características climáticas de las zonas cañeras.

Estrato	Altitud (msnm)	PP (mm/año)	T° (°C)			Radiación solar (MJ/m ² /día)	Velocidad media del viento (Km/h)
			Min.	Media	Max.		
Alto	> 300	4100	20.2	26.2	32.2	17.7	5.2
Medio	100 - 300	3700	20.5	26.7	32.2	17.3	6.8
Bajo	40 - 100	1900	21.2	27.3	33.8	18.4	6.2
Litoral	< 40	1500	21.0	27.5	33.4	18.0	8.7

Fuente. CENGICAÑA, 2014

El comportamiento de la radiación solar y temperatura es mayor en las cercanías a la costa y disminuye conforme se asciende en la zona cañera. La precipitación pluvial disminuye conforme se desciende a la costa. Las lluvias en la zona se distribuyen en dos estaciones: época lluviosa que ocurre entre mayo y octubre; en tanto que junio y septiembre registran la mayor precipitación también, pero existe un período de canícula de 15 días entre julio y agosto. La época no lluviosa se marca entre octubre y mayo; los cuales coinciden con el período de zafra (Melgar, Orozco, & Pérez, 2014).

3.1.4 Recursos naturales

a. Recurso suelo

El suelo de la región sur del país está conformado de ser Mollisoles, Andisoles y Entisoles está principalmente constituido por cenizas, lapilli, pómez y otros materiales piroclásticos, derivados de las erupciones volcánicas ocurridas en diferentes épocas (Melgar, Orozco, & Pérez, 2014).

Cuadro 2. Características principales de los grupos de manejo de suelos de la zona cañera de Guatemala.

Grupo de suelos	Clase de suelo/ Factores limitantes	Características
S01	I	Suelos mollisoles profundos de alta fertilidad
S02	II/E	Suelos Andisoles, profundos bien drenados que presentan erosión ligera
S03	II/SI(PR)	Suelos de estructura gruesa, moderada mente profundos y permeables (molisoles secos)
S04	LI/TI E (PL)	Suelos Inceptisoles moderadamente profundos de textura arcillosa y de baja permeabilidad
S05	LI/TI E (PL)	Suelos inceptisoles de textura arcillosa, con relieve ligeramente inclinado, susceptible a la erosión y de baja permeabilidad
S06	II/TI S1 (E)	Suelos andisoles moderadamente profundos, con relieve ligeramente inclinado a ondulado susceptibles a la erosión
S07	LI/TI SI E (TF) (PL)	Suelos de estructura arcillosa que se agrietan en el verano, con relieve ligeramente inclinado susceptibles a la erosión y muy lentamente permeables
S08	LII/SI	Suelos superficiales limitados por la presencia de talpetate (Andisoles superficiales).
S09	LII/S4 (PR)	Suelos Mollisoles afectados por la presencia moderada de sales en el perfil, de textura gruesa y alta mente permeables
S10	LII/T2 E S5 (TF) (PL)	Suelos Entisoles con muy baja retención de agua, limitados por la presencia de capas de arena en el perfil
S11	LII/T2 E S5 (TF) (PL)	Suelos con relieve ligeramente inclinado a ondulado suceptibles a la erosion, texturas pesadas de lenta permeabilidad y preciencia de sodio (Alfisolos verticos)
S12	LV/T2	Suelos inceptisoles y entisoles que forman parte del lomerío con pendiente elevada, de relieve ondulado a quebrada de baja fertilidad
S13	IV/T2 (RI) (PL)	Suelos de baja fertilidad con texturas pesadas de baja permeabilidad, muy secs en el verano y son de relieve plano y ondulado

Fuente: CENGICAÑA, 2014.

b. Recurso hídrico

El ingenio Pantaleón se abastece de agua de diferentes sub-cuencas del país, como lo es las cuencas del rio Madre Vieja, cuenca del rio Coyolate y cuenca del rio Nahualateque etc. En que abastecen la vertiente del pacifico en su ciclo hidrológico, el flujo de agua en que dispone es para el uso de riego ya sea por inundaciones en algunas fincas, riego por goteo y por aspersión. El ingenio cuenta con reservorios de agua suministrados por agua de lluvia en que da regadillo a diferentes lotes a cargo del área de AP ya sea por sistema de goteo o de aspersión.

Cuadro 3. Principales ríos que tiene acceso el ingenio Pantaleón.

No.	Rio	Región de acceso
1	Pantaleón	Región central
2	Ceniza	Región central
3	Siguacan	Región central
4	La Democracia	Región central
5	Chiquimulilla	Región oeste
6	Nahualate	Región este
7	Mico	Región este
8	Asuchillo	Región este
9	Mixtanate	Región este
10	la Mora	Región oeste

3.1.5 Recursos físicos

El Ingenio Pantaleón posee bienes tangibles que son utilizados para el logro de sus objetivos mediante técnicas e ingenio que constante mente se proponen a mejorar, estas van desde inmuebles como son los 8 departamentos que laboran en las oficinas del área de agronomía y también lo refleja a como son la posesión de 52,000 hectáreas para la producción de caña de azúcar. El departamento de agricultura de precisión cuenta con oficinas en el casco central del ingenio, el departamento de agricultura de precisión cuenta con la capacidad instalada adecuada para la elaboración de nuevos proyectos e investigaciones ya sea relacionada en el cultivo de caña de azúcar o relacionado ya sea para aumentar la productividad del departamento y sus áreas asignadas.

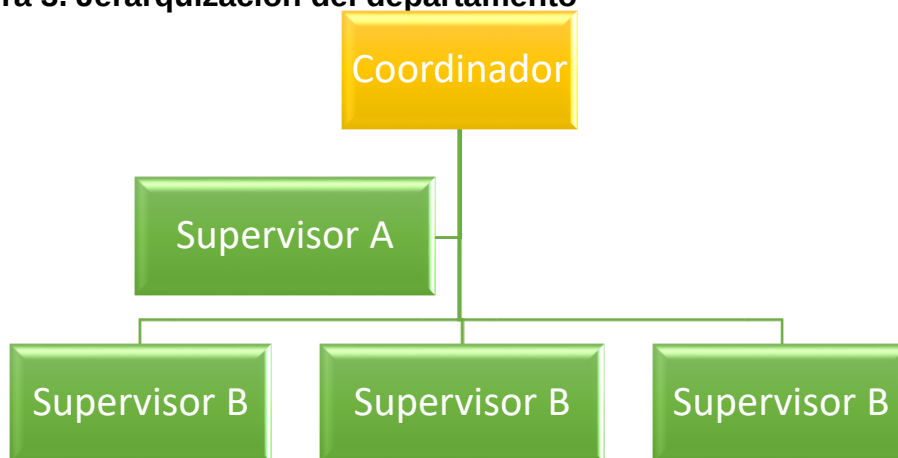
3.1.6 Recursos humanos

En el departamento de Agronomía de Ingenio Pantaleón está conformado por varias unidades que son La unidad de investigación, unidad de control de malezas, unidad de control de plagas y enfermedades, unidad de agricultura de precisión, unidad de fertilización, unidad de teledetección y semilleros.

Cuentan con personal calificado para la elaboración de actividades de cada departamento en que se confiere a cada coordinador, a continuación se muestra la jerarquización del departamento de Agronomía.

a. Organigrama del departamento

Figura 3. Jerarquización del departamento



b. Principales funciones del personal

- Ejecución de los proyectos de agricultura de precisión
- Supervisión directa de las actividades programadas
- Generación de mapas de prescripción y aplicación (fija y variable)
- Toma de datos de los equipos en campo
- Obtención de información de caporales y colaboradores de campo

- Actualización del estado de las actividades •Manejo de la base de datos de aplicaciones y seguimiento programas
- Ubicación de sensores y coordinación de giras de campo
- Coordinación y distribución del personal a cargo
- Inspección de áreas bajo el departamento
- Análisis de los resultados y presentación de los mismos

c. Actividades de la unidad de agricultura de precisión

Las principales actividades y proyectos del departamento de AP para el año 2018 se muestran en la siguiente tabla.

Cuadro 4. Actividades de la unidad de agricultura de precisión

Proyecto	Actividad	Actividad Especifica
Cosecha RTK	Línea de surco	Cosecha mecanizada
Caracterización de ambientes	Caracterización veta	Perforador de suelos
	Mapa de ambientes	Profiler
Preparación de suelos	Tasa variable	Fosforo surqueo
	Líneas de surco	Preparación RTK
	Plaga del suelo	Mapa de aplicación de plagas
	Manejo veta	Preparación diferenciada
Fertilización de suelos	Tasa variable	Nitrógeno (fijo)
		Fosforo (Variable)
		Calcio (variable)
		Magnesio (Variable)
Fotografía aérea	Imagen Híper-espectral	Línea de surco
		Detección de malezas
		Resiembra
		Altimetría
		Planimetría
		Índice de vegetación
Monitoreo de la humedad de suelo	Gestión de riego	Sensores Netafim y yeso
Fraccionamiento	Tasa variable	Nitrogeno
Pre madurante	-	P, Mg, Ca, Si
Ferti-enmienda	Fertilización base	Fosforo-enmienda

3.1.7 Instituciones presentes en el área

Existen instituciones que laboran junto con el Ingenio Pantaleón. Estas empresas y entidades se encargan de brindar servicios y proveer material logístico para conformar a la empresa, unas de estas instituciones se encarga acerca de dar capacitaciones industriales como lo es el Intecap (Instituto técnico de capacitación y productividad). Y también participa lo que es Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS) que se encarga de brindar asistencia médica al personal de la empresa, el Instituto de Cambio Climático (ICC) que brinda información acerca de aquellos fenómenos meteorológicos y el Instituto de investigación de caña que aporta información acerca de variedades, plagas y enfermedades en los distintos ingenios en las zonas cañeras de Guatemala, participa la empresa Tecum que provee de máquinas agrícolas e insumos.

3.2 Situación socioeconómica

3.2.1 Organización

Misión Una organización agroindustrial, dedicada al procesamiento responsable de caña de azúcar para la producción de azúcar, mieles, alcoholes y energía eléctrica. Con más de 165 años de operación, nos hemos posicionado como líderes en producción de azúcar en Centro América y entre los diez grupos azucareros más importantes de Latinoamérica. Nuestra casa matriz está ubicada en Ciudad de Guatemala y tenemos operaciones en seis países: México, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Chile y Brasil (Pantaleon , 2018).

Visión Para el año 2030, ser una de las 10 organizaciones más importantes a nivel mundial dentro de la industria azucarera y productos relacionados (Pantaleon , 2018).

Valores y propósito: En Pantaleón practican lo que son los valores de Integridad, Honestidad, mejora y cambio permanente con visión a largo plazo y respeto por las personas relacionadas y compromiso por su éxito. Promueven el desarrollo transformando recursos responsablemente (Pantaleon , 2018).

3.2.2 Tradiciones y costumbres

Ingenio Pantaleón acostumbra iniciar cada año con una pequeña carrera constituida como “carrera del azúcar”, practicándola desde más de 30 años esta carrera consiste en correr 10km con el objetivo de motivar a sus trabajadores ya que se imponen una meta en el año de aumentar su producción y eficiencia y a medida que logran cumplir, una parte de todo lo adquirido va hacia la caridad ya sea para ayudas sociales o fundaciones.

También en el ingenio Pantaleón acostumbra festejar los días festivos como lo son navidad y año nuevo dentro del ingenio, motivando a sus trabajadores ya sea como convivios de fin de año y celebraciones, tomando en cuenta los valores y la responsabilidad de la unidad de trabajo.

3.2.3 Infraestructura y servicios públicos

En el casco central de la finca Pantaleón brinda distintos servicios a los propios trabajadores desde servicio bancario, restaurante, dispensador de combustible entre otros. Todo esto con el objetivo de proveer a los trabajadores todo lo necesario para poder continuar trabajando. Tomando en cuenta las necesidades habituales.

a. Comunicación

El Ingenio Pantaleón cuenta con el acceso a carreteras La Autopista Palín-Escuintla. Como CA-9 Sur recorre de norte a sur los municipios de San Vicente Pacaya, Palín, Masagua y Puerto Quetzal; CA-9 Sur, de Escuintla, Masagua y San José; CA-2 Or. Se dirige por la parte oriental a Guanagazapa; CA-2 Occ. Conduce a la parte occidental con Siquinalá y la RN-14, accesa al norte de Escuintla con Alotenango (deGuate, s.f.).

Cuenta con una amplia red de transporte que con el pasar del tiempo tiende a ampliarse por la inmensa demanda del mismo. En la actualidad existen líneas directas hacia los cascos de las fincas debido a las carreteras internas de las fincas que conectan una entre otras facilitando el transporte pesado a su lugar de destino.

b. Recurso Hídrico

El uso principal de estas fuentes es para riego, especialmente en cultivo de caña de azúcar, para abastecer la necesidad de agua potable del casco de la finca Pantaleón, se cuenta con un sistema de distribución con una edad aproximada de 30 años. Se logra la captación gracias a dos pozos de extracción de agua subterránea y 12 nacimientos ubicados en un sector denominado Mineral. Como se mencionó anteriormente, el agua es conducida por gravedad por dos líneas de conducción hacia los tanques de captación y distribución.

Un estudio de aforos en los tanques de distribución realizado por el Instituto de Fomento Municipal antes del 2010, determinó que las fuentes aportaron 150 litros de agua por segundo al sistema, mientras que los pozos de agua subterránea aportaron 15 litros por segundo (Enamorado, 2014).

c. Energía eléctrica

El Ingenio Pantaleón se abastece de energía eléctrica de la ciudad de Santa Lucía Cotzumalguapa proviene del sistema interconectado de las hidroeléctricas de Chixoy, Aguacapa y Jurún Marinalá. Aunque en el Ingenio Pantaleón produce energía eléctrica gracias a las calderas de alta presión en fábrica no se le es permitida su venta en el país ya que lo aprovechan distribuyendo su energía a las conexiones de alumbrado público vendiendo la energía a las hidroeléctricas, utilizando como combustible el gabazo (caña desfibrada, exprimida).

d. Centros de asistencias de salud

Dentro del casco de la finca Pantaleón posee una enfermería en donde trata a los empleados que hayan sido golpeados o lesionados, a medida que se obtiene una mayor seguridad en el labor, respectivamente en sus fincas está respaldado por un puesto de salud que brinda su servicio a las 24 horas con el personal calificado para atender distintos casos ya sea de traumatismo y lesiones.

3.2.4 Necesidades básicas

Entre las necesidades básicas en las fincas a cargo del departamento de Agricultura de Precisión:

-Manejo de suelo. La mayor parte de los suelos productivos de las fincas del ingenio Pantaleón son franco arenoso que es un factor clave para la producción y se invierte para la solución y mejora de esos suelos provenientes de áreas y sales.

-Monitoreo. La falta de monitoreo en los proyectos resulta ser un gasto para el departamento de AP, motivo a no realizar las actividades por falta de presupuesto y importancia de los encargados.

-Limitación de recursos. Las herramientas disponibles para la generación de información son limitadas y asignadas a un operador en general, donde se debe de realizar una solicitud para el traspase de la información.

3.2.5 Fuente de Empleo

El Ingenio Pantaleón brinda varios puestos de trabajo a la ciudad en que pueden llegar a contribuirse mediante las horas laborales, brinda empleo a más de 50,000 personas en la zona sur del país. Es importante señalar que la PEA del Municipio, es menos de 1/3 del total de la población y que el sector privado y las labores por cuenta propia, constituyen las de mayor ocupación laboral.

3.2.6 Uso de la tierra y tenencia de la tierra

Pantaleón cuenta con fincas propias para la producción de caña de azúcar que ya están mecanizadas y altamente instaladas para la producción, también cuentan con fincas arrendadas y que conjuntamente aprovechan para la explotación del cultivo de caña, las fincas arrendadas constituyen el 40% total del ingenio.

El departamento de agricultura de precisión administra 9 fincas de Pantaleón en que están bajo a su cargo para la elaboración de proyectos y producción.

Los servicios se ejecutarán en las áreas de producción de caña de azúcar a cargo del departamento de AP del Ingenio Pantaleón.

Cuadro 5. Fincas a cargo de la unidad de Agricultura de Precisión.

NOMBRE DE LA FINCA	ÁREA (Ha)	REGIÓN
PUYUMATE TB	385	REGION OESTE
BONAMPAK	514	REGION CENTRAL
EL PARA	760	REGION CENTRAL
LIMONES S.A.	351	REGION CENTRAL
LOS MANGOS	207	REGION CENTRAL
ANAITE I	348	REGION CENTRAL
ANAITE II	399	REGION CENTRAL
AGROPECUARIA CHURUBUSCO	1175	REGION CENTRAL
EL HILADERO	681	REGION CENTRAL
TOTAL	4822	

3.3 Identificación y jerarquización de los problemas

La identificación de los problemas del departamento varía según las actividades que se realiza debido a ello se elaboró una matriz de priorización de problemas para identificar la problemática y brindar una solución factible

Se diseñó la matriz FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas). Esta técnica permitió conformar un cuadro que describe la situación actual del departamento. De esta forma, se obtuvo un diagnóstico que permite tomar decisiones acordes con los objetivos.

3.3.1 Fortalezas

Las fortalezas son aquellos recursos o capacidades internas que hacen que la institución pueda cumplir sus mandatos de mejor manera. Las fortalezas identificadas en el departamento de AP:

- La Unidad cuenta con personal profesional altamente calificado para desarrollar cada una de las actividades que se realizan para la producción.
- Se cuenta con instalaciones en excelente estado, con materiales y equipo en buen estado juntamente con transporte facilita la recopilación de datos.
- Alianzas con universidades y centros de investigación para la generación de información y análisis.

3.3.2 Oportunidades

Las oportunidades son aquellos factores externos que favorecen a la institución en el cumplimiento de sus actividades. El departamento de AP tienen las siguientes oportunidades:

- Avances tecnológicos en el campo de agricultura de precisión.
- Capacitación en nuevas tecnologías.
- Implementar herramientas tecnológicas recientes (Sensores, software y equipo)
- Generación de información a través de imágenes satelitales (SINTET).
- Generar nuevos proyectos para la mejora de actividades

3.3.3 Debilidades

Las debilidades son aspectos internos negativos que pueden ser recursos o capacidades que no le permiten a la institución lograr su mandato o misión.

- Disponibilidad de recurso limitada.
- Ausencia de control, monitoreo y seguimiento proyectos.
- Falta de información para la toma de decisiones.
- Baja relaciones interpersonales en la unidad de equipo

3.3.4 Amenazas

Las amenazas son los factores externos negativos que pueden afectar a la institución.

- Reducción de presupuesto por precios internacionales bajos en los productos del Ingenio Pantaleón S.A.
- El clima puede interferir en los datos recopilados por los sensores e imágenes satelitales.
- Riesgo de interacción con personal no autorizado en la zona.
- Enfermedades, plagas e incendios que afectan a la unidad productiva.

Cuadro 6. Matriz FODA

Internas		MATRIZ FODA
Fortalezas	Debilidades	
Equipo de trabajo comprometido y especializados para la producción y generación de información.	Baja relación entre trabajadores.	
El personal de AP tiene experiencia y conocimiento del cultivo de caña de azúcar	Falta de información para la toma de decisiones.	
Se tienen certificaciones de calidad y seguridad ocupacional.	Negligencia entre los trabajadores en el uso del equipo.	
Conocimiento y manejo de sistemas de información geográfica.	Disponibilidad de recurso limitada.	
Cuenta con las herramientas necesarias y equipo para nuevos proyectos.	Deficiencia en los monitoreos y seguimiento de los proyectos.	
Externas	Estrategias F/O	Estrategias D/O
Oportunidades		
Avances tecnológicos en el campo de agricultura de precisión.	Fomentar el retro aprendizaje y el intercambio de ideas de avances en el campo.	Organizar al personal de turno y asignarle las obras al encargado de turno para ser impartidas.

El monitoreo con imágenes satelitales	Analizar las imágenes y correlacionarla con el conocimiento del cultivo.	Verificar y describir el comportamiento de las imágenes con una reseña histórica.
Implementación de herramientas tecnológicas recientes (Sensores, software y equipo)	Asegurar las distintas certificaciones con la ayuda de herramientas de equipo.	Utilizar las distintas herramientas tecnológicas para el estudio de las fincas con el fin de mejorar la producción
Generación de nuevos proyectos para la mejora de actividades	Realizar proyectos de mejora a medida la aceptación de las distintas herramientas.	Verificar y Recopilar la información acerca del seguimiento de proyectos y asignarles prioridad
Amenazas	Estrategias F/A	Estrategias D/A
Reducción de presupuesto por precios internacionales bajos en los productos del Ingenio Pantaleón S.A.	Realizar mejoras en el sistema de producción para la no dependencia de insumos utilizando medidas orgánicas.	Promover el interés al equipo de trabajo al ahorro de los bienes materiales al momento de producción.
El clima puede interferir en los datos recopilados por los sensores e imágenes satelitales	Tomar en cuenta las posibles herramientas para la corrección de los datos recopilados.	Realización de una reseña historia del comportamiento del clima mediante el uso de la nueva tecnología
Déficit de control en el personal no calificado en los proyectos	Impartir capacitaciones acerca del uso de tecnología en el campo y asignarles su rol en específico.	Asignar tareas en áreas de baja producción para la inducción del personal principiante.

Fuente. Elaborada con base de datos de Pantaleón

3.3.5. Discusión acerca de la unidad

La unidad de agricultura de precisión posee 4,280 hectáreas de cultivo de caña de azúcar en el que se encuentra establecida una serie de tecnologías como sensores y equipos para la aplicación de fertilizantes. El enfoque de Agricultura de Precisión se basa en la variabilidad espacial de las fincas principalmente, como el manejo de betas arenosas con aplicación de Hidrogel, mapas de aplicación con tasa variable y fija, línea de surco para la cosecha mecanizada con el uso de Drones y monitoreo de la conductividad eléctrica del suelo para la elaboración de mapas de ambientes y adecuación del manejo de la caña de azúcar.

El departamento cuenta con el conocimiento en forma espacial y periódica donde respaldan la adquisición de nueva tecnología para la aplicación de la AP. Estas permiten que la capacitación en el manejo de datos sea más fácil, además el personal se encuentra en disposición de aceptar las mismas. Como se presentó en la tabla 5, el equipo de AP prioriza como problema principal la falta de información para la toma de decisiones, seguidamente la falta de personal para la coordinación y seguimiento de actividades; y la falta de metodologías para la programación de actividades. Sin embargo, si se fortalece el tema de la generación de metodologías y la obtención de nuevas técnicas para generar información que facilite la toma de decisiones, se lograría además consolidar nuevos proyectos que permitan aumentar el recurso humano con el respaldo suficiente.

Por otro lado, la obtención de equipo que respalde la cantidad de información que se va a manejar, es imprescindible y debería ser una prioridad. El equipo (de computo principalmente) permitiría una mayor eficiencia en el manejo y gestión de la información futura. Aprovechar las oportunidades en el uso y manejo de la información proveniente de imágenes satelitales disponibles para el año 2018, ayudara a la mejora de la toma de decisiones en campo, el seguimiento que se le pueda dar al monitoreo del crecimiento del cultivo mediante estas técnicas ha sido documentado en otros países con resultados satisfactorios.

4. SERVICIOS REALIZADOS

4.1 Evaluación de productos a base de polímeros de hidrogel

4.1.1 Descripción

El departamento de agricultura de precisión es el encargado de probar nuevos insumos de importancia para la producción de caña de azúcar y ve la posibilidad de introducir el hidrogel en suelos arenosos para mitigar el estrés hídrico originado por la evaporación debido a la alta temperatura de la región y la lixiviación del tipo de suelo.

Se evaluó un ensayo de prueba de productos a base del polímero hidrogel, consiste en la evaluación de 3 productos a base de hidrogel donde se realizara bajo condiciones críticas para cultivar, restringiendo su riego y utilizando arena como sustrato donde se evaluó la fase de germinación del cultivo durante 15 días.

Acerca del producto: hidrogeles una gama de polímeros aniónicos de poliacrilamida súper absorbentes. Ellos son copolímeros reticulados de acrilato de potasio y acrilamida, que son insolubles al agua, tiene la propiedad de absorber hasta 500 veces su peso en agua destilada y se convierten en gel que aumenta la capacidad de retención en los suelos o sustratos y proporcionar agua y nutrientes a la planta.

Características del hidrogel: es un producto para la protección de las raíces, la reducción del estrés del trasplante y el mantenimiento de un nivel adecuado de agua, así como para liberar lentamente los componentes solubles de la fórmula.

4.1.2 Objetivos

Evaluar la fase de germinación usando una dosis de cada producto a base del polímero hidrogel.

4.1.3 Metas

- Evaluar 3 productos a base de hidrogel.
- Determinar el mejor producto a base de hidrogel durante el periodo de 15 días.

4.1.4 Metodología

a. Preparación del sustrato y llenado de recipientes e etiquetado

Se montó un ensayo demostrativo evaluando la calidad de distintos productos de hidrogel donde se procuró proporcionar las mismas aptitudes en los tratamientos con el fin de analizar el producto en un medio decadente de humedad y alta evaporación.

Se utilizó arena como sustrato y recipientes de 200 litros partidos a la mitad utilizando como medio de siembra donde se procedió a realizar un ensayo de comparación de productos utilizando 3 tratamientos y 6 repeticiones comparados con un testigo. El periodo de germinación se evaluó durante 15 días juntamente con los análisis de germinación evaluando la variedad SG102-163 de caña de azúcar.

El sustrato que se uso es proveniente del rio Pantaleón, Textura arenosa, con propiedades a déficit de humedad, se llenaron los recipientes respectivos juntamente con el etiquetado de cada material a evaluar.

b. Evaluar el producto mediante una serie de pruebas comparativas.

Se somete el hidrogel a evaluaciones de calidad que brinda el producto definidas como la capacidad de retención de humedad por el producto, capacidad de absorción de humedad mediante la aplicación de una lámina de riego y tiempo que tarda para absorber la lámina aplicada.

A continuación demuestra un cuadro metodológico de análisis de variables

Cuadro 7. Datos a evaluados en el ensayo de prueba de productos de hidrogel

Variables	Unidades	Época de evaluación
Porcentaje de germinación	Brotes/ metro lineal	8-12dds
Humedad almacenada en hidrogel	Peso de muestra	Todo el periodo
Vigor	Tiempo	15 dds

4.1.5 Evaluación

a. Implementación del ensayo de prueba de tratamientos a base de hidrogel

Se procedió a evaluar los productos a base de hidrogel mediante la implementación de un ensayo de prueba. Los productos utilizados son acuagel®, phytobeld® y gellex®. El ensayo tendrá condiciones favorables al estrés hídrico, donde evaluara sometiendo el cultivo de caña de azúcar a condiciones de alta evaporación y baja retención de humedad.

b. Unidad experimental

La unidad experimental está conformada con 16 toletes (esquejes del tallo de caña de azúcar con 2 llemas/Tolete). Definidas principalmente por la facilidad de manejo y su disponibilidad en el mercado. Se realizó 6 repeticiones de cada tratamiento. En la figura 4, se muestra la distribución de los tratamientos y repeticiones.

Tomando el primer muestreo de conteo de plantas germinadas los 7 días después de la siembra, posteriormente se toman muestras a cada 2 días hasta completar el tiempo de la fase de germinación en el cultivo.

Figura 4. Croquis del experimento de los tratamientos de hidrogel



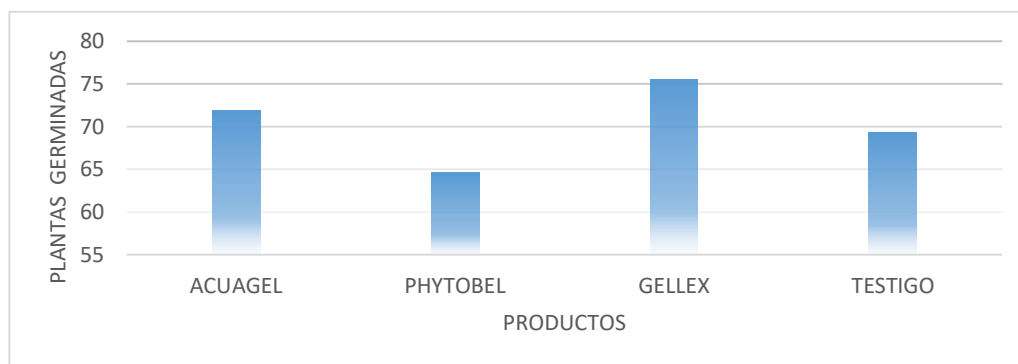
c. Descripción de los tratamientos

Para la investigación se usaron 3 tratamientos de hidrogel, mencionados en el la figura 4. Para tal caso se realizara 6 repeticiones de cada tratamiento con dosis fija de 25kg/ha.

d. Porcentaje de germinación

En el experimento existió una desigualdad en los tratamientos al momento de la siembra debido a que los tratamientos Gellex y Acuagel obtuvieron los primeros brotes y se observó que existía el mejor promedio de plántulas altas, al término de los primeros 10 días se observa que se normaliza el número de plantas germinadas por tratamiento debido a la alta concentración de humedad en el campo abierto e interactuó con el ensayo estimulando a las plantas que germine en un periodo corto no mucho menos que los 2 tratamientos mencionados.

Grafica 1. Evaluación de germinación de productos a base de hidrogel



El producto Gellex obtuvo el mayor porcentaje de plantas germinadas en un periodo de 15 días.

Existe un rango de relación con los 3 productos y el testigo, identificando la dependencia de germinación de la planta.

e. Porcentaje de emergencia y tasa de emergencia

A partir de los 7 días después de la siembra se cuantificará las plantas germinadas a cada 2 días, se cuantifico el porcentaje de emergencia y tasa de emergencia atreves de una ecuación de Hartmann y Keser (1979).

$$TE = N1 \cdot T1 + N2 \cdot T2 + N3 \cdot T3 \dots Nn \cdot Tn.$$

Dónde: N es el número de plantas emergidas dentro de los intervalos de tiempo consecutivos y T el tiempo transcurrido desde el inicio de la prueba hasta el final de intervalo de medición.

Cuadro 8. Tasa de emergencia de los tratamientos de hidrogel

Tratamiento	Repetición						Promedio
	I	II	III	IV	V	VI	
T1		26.4	27	29.3	31.3	28.6	35.5 29.68333
T2		30.1	24.9	40.8	25.6	36.1	36.4 32.31667
T3		33.3	33.3	35.8	42.6	22.8	49.4 36.2
T4		37.8	31.7	42	25.7	32.9	33.9 34

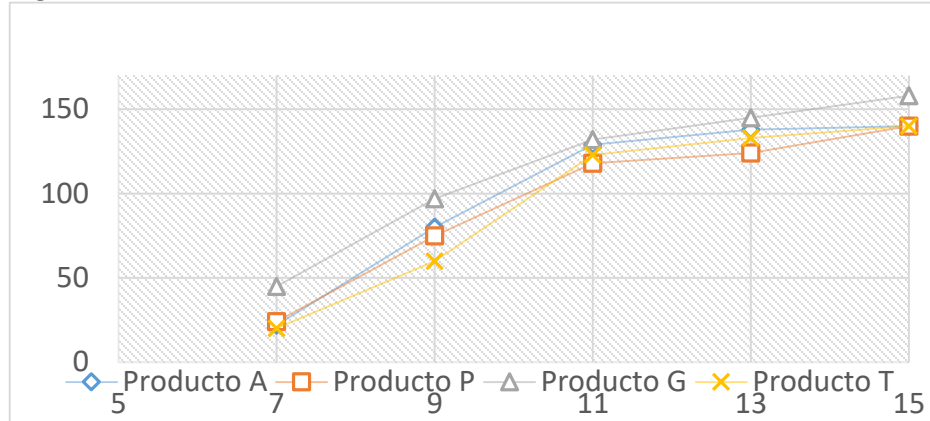
Tasa de emergencia						
REPETICION	tratamiento					
	A	G	P	T		
1	1.62	1.84	1.50	1.85		Promedio
2	1.46	1.41	1.50	1.70	ACUAGEL	1.6214286
3	1.62	1.76	1.63	1.60	PHYTOBE	1.6880952
4	1.70	1.67	1.76	1.70	GELLEX	1.6160338
5	1.76	1.68	1.26	1.60	TESTIGO	1.7
6	1.56	1.78	2.05	1.75		

Para el caso de tasa de emergencia se puede apreciar que no existió mucha significancia en la germinación de los tratamientos debido a que sus comparaciones se diferencian en decimales de días.

f. Emergencia acumulada

En la emergencia acumulada se puede observar que el producto Gellex obtuvo el mayor porcentaje de germinación juntamente con el mayor de número de plantas emergidas en un periodo de tiempo de 15 días después de la siembra.

Grafica 2. Emergencia acumulada de los tratamientos de hidrogel



g. Pruebas de calidad de producto

Lo que se buscan en estas pruebas es examinar el producto en un lapso de tiempo, consecutivamente realizar un pequeño análisis de identificación del producto por medio de distintas pruebas y la observación, se llevaron a cabo 2 pruebas de comparación que son: Capacidad de absorción y capacidad de retención de la humedad aplicada.

Cuadro 9. Prueba de absorción de humedad

Producto	Cantidad (gramos)	Agua aplicada (ml)	Peso del recipiente (g)	Peso final (g)
Acuagel	5	147.8675	8	591.4.7
GELLEX	5	88.7205	8	354.8.82
PHYTOBEL	5	59.147	8	236.5.88

De los productos evaluados en su capacidad de absorción están: Acuagel que logra almacenar alrededor de 1181.34 veces su peso en gramos de agua, y Gellex que almacena 708.16 veces su peso en gramos de agua.

h. Prueba de retención de humedad

Cuadro 10. Prueba de retención de humedad

Prueba de retención de humedad							
Producto	Cantidad (gramos)	Agua aplicada (ml)	Peso del recipiente (g)	Peso total (g)	Periodo de prueba	Peso final	Humedad retenida
Acuagel	10	90	8	155	3 semanas	116	67.35
GELLEX	10	90	8	155	3 semanas	114	66.19
PHYTOBEL	10	90	8	155	3 semanas	115	66.77

En la prueba de retención de húmeda no se ve diferencias significativas mediante la liberación de la humedad por el producto, la temperatura y humedad relativa no interfieren en la retención de humedad en los productos en condiciones controladas.

4.2 Aplicación de hidrogel en betas arenosas

4.2.1 Descripción

Se evaluó el ensayo de dosificación del polímero hidrogel marca Acuagel, donde se probara en una finca con suelo franco arenoso con presencia de betas de arena para observar la calidad de acción del producto en un área representativa homogénea.

El tipo de aplicación que se examinó será de forma superficial (a ras del suelo) aplicando las dosis de 0kg/ha, 5kg/ha, 10kg/ha, 20kg/ha, 25kg/ha y 40kg/ha.

Esta plantación de caña de azúcar tiene como objetivo de producción de semilla de caña de azúcar donde es cortada la caña y forman lo que es toletes de caña de azúcar para propagar la variedad de forma asexual, luego que haya culminado el lapso de tiempo de 5 meses, la caña posee una altura ideal para la extracción de toletes contiene aproximadamente 2 yemas por tolete y aproximadamente 7 toletes por caña.

4.2.3 Objetivos

Determinar la mejor dosificación de hidrogel para betas arenosas

4.2.4 Metas

- Evaluar las 5 dosificaciones de hidrogel en condiciones naturales.
- Determinar la mejor dosificación del producto en kg/ha

4.2.5 Metodología

a. Toma de datos en los sistemas de información geográfica

Se procede a lo que es la toma de datos en un software (Argis) en que se dispone de una fuente de datos que facilitan la interpretación para la elaboración del ensayo, índices, muestreos y mapas, obteniendo la dimensión en unidad de área y las posibles características de la finca, ya sea aptitudes de suelo entre otras, se procede al cálculo del producto a usar y su ubicación.

b. Descarga y procesamiento de imagen raster

El departamento de AP cuenta con formatos raster de datos de electroconductividad aparente del suelo que interpreta los gradientes de fertilidad del suelo y caracteriza el tipo de suelo encontrados en una finca, este proceso asegura la ubicación del proyecto ya que se busca implementarlo en un área homogénea con fines de igualar las condiciones físicas del suelo.

c. Implementación del ensayo en el campo definitivo

Obteniendo la ubicación de los ensayos se procedió a la aplicación de hidrogel, se procede a iniciar el proyecto haciendo las aplicaciones de los tratamientos en el campo definitivo contando con lo siguiente:

Usando dosificaciones de 0kg/ha, 5kg/ha, 10kg/ha, 20kg/ha, 25kg/ha y 40kg/ha, se aplicó en cada 5 surcos por tratamiento dejando un surco que separa los tratamientos (Testigo) en donde no se aplicó el insumo.

d. Toma de muestras para el análisis en el laboratorio

Se procedió a la toma de muestras en el terreno, en que se analizaron distintas variables donde analizan la biometría del cultivo estos métodos de muestreo se

caracteriza ya que se mide en 10 metros lineales las plantas, se toman datos como de población, distancia de entrenudo, diámetro de la caña, altura de la caña y peso.

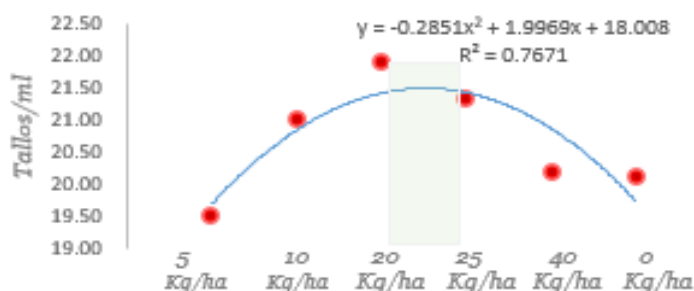
Se procede a la toma de muestras de índices biométricos a 10 metros de largo de surco, donde se mide: Altura, población, diámetro entre caña, tallos de caña por metro lineal, peso de muestra, peso de caña, grados brix y TCH.

4.2.6 Evaluación

Se elaboró el ensayo de evaluación de dosificaciones de hidrogel en campo abierto, de preferencia se seleccionó una parcela con suelo arenoso para el análisis, se identifica la mejor dosis de aplicación de hidrogel en betas arenosas. En la finca Churubusco lote 202 se realiza el ensayo de dosificación de hidrogel en betas arenosas con el fin de examinar el producto en condiciones de ambiente obteniendo los siguientes resultados.

En las siguientes gráficas podemos apreciar el número promedio de medias por los tratamientos donde estos datos tienen una relación promedio mayor al 80%. Juntamente se muestra el modelo estadístico que se utilizó para las comparaciones medias y la comparación de Fisher donde muestra en clasificación el mejor producto mediante la técnica de comparaciones aleatorias.

Grafica 3. Población vs dosis



Cuadro 11. Análisis de varianza y prueba de Fisher en población

ANOVA unidireccional: Población vs Dosis

Información del factor

Factor Niveles Valores

Dosis Hidrogel (kg/ha)

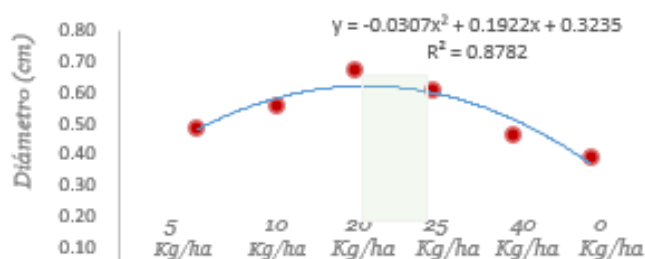
Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
DOSIS	5	20444	4088.73	76.58	0.000
Error	1228	65562	53.39		
Total	1233	86006			

Comparaciones en parejas de Fisher

Tecnología	N	Media	Agrupación
20 Kg/ha	219	21.90	A
25 Kg/ha	213	21.32	B
10 Kg/ha	207	21.00	C
40 kg/ha	201	20.18	D
Sin Aplicar	199	20.12	D
5 Kg/ha	195	19.50	E

Grafica 4. Diámetro vs dosis



Cuadro 12. Análisis de varianza y prueba de Fisher en dosis

ANOVA unidireccional: TCH 5to. Mes vs Dosis

Información del factor
Factor Niveles Valores
Dosis Hidrogel (kg/ha)

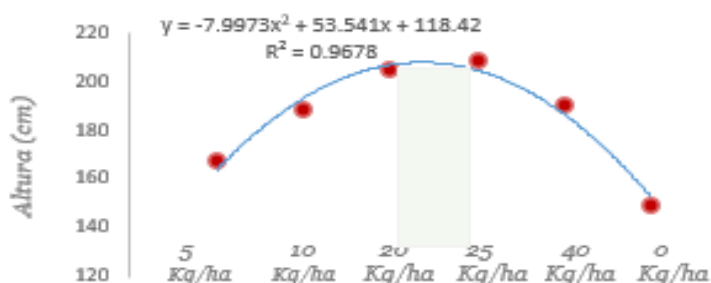
Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
DOSIS	5	210148	42029.6	94.68	0.000
Error	1228	545108	443.9		
Total	1233	755256			

Comparaciones en parejas de Fisher

Tecnología	N	Media	Agrupación
20 Kg/ha	219	83.93	A
25 Kg/ha	213	73.74	B
10 Kg/ha	207	66.85	C
5 Kg/ha	195	54.24	D
40 kg/ha	201	53.73	D
Sin Aplicar	199	46.40	E

Grafica 5. Altura vs dosis



Cuadro 13. Análisis de varianza y prueba de Fisher en altura

ANOVA unidireccional: Altura vs Dosis

Información del factor
Factor Niveles Valores
Dosis Hidrogel (kg/ha)

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
DOSIS	5	526993	105399	234.44	0.000
Error	1228	552074	450		
Total	1233	1079067			

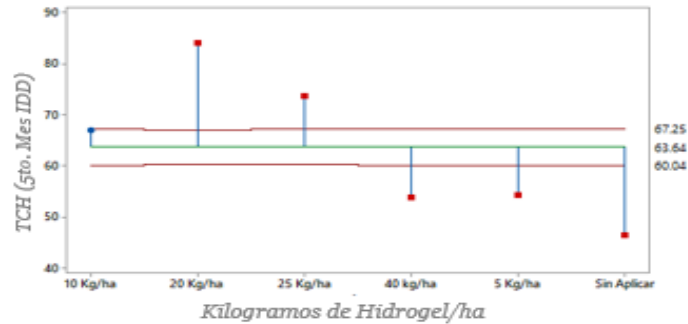
Comparaciones en parejas de Fisher

Tecnología	N	Media	Agrupación
25 Kg/ha	213	208.10	A
20 Kg/ha	219	205.02	A
40 kg/ha	201	189.70	B
10 Kg/ha	207	187.84	B
5 Kg/ha	195	167.63	C
Sin Aplicar	199	148.81	D

En los análisis se puede apreciar que los mejores resultados se obtuvieron con una dosificación de 20kg/ha a 25Kg/ha.

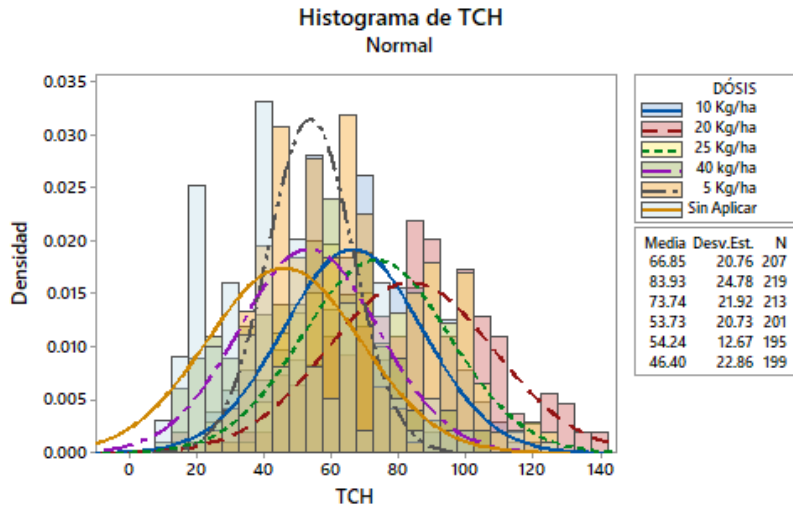
A continuación se muestra una gráfica de variación de medias de cada tratamiento según el tonelaje de caña por hectárea.

Grafica 6. Prueba de variación de medias de TCH/Kg de hidrogel



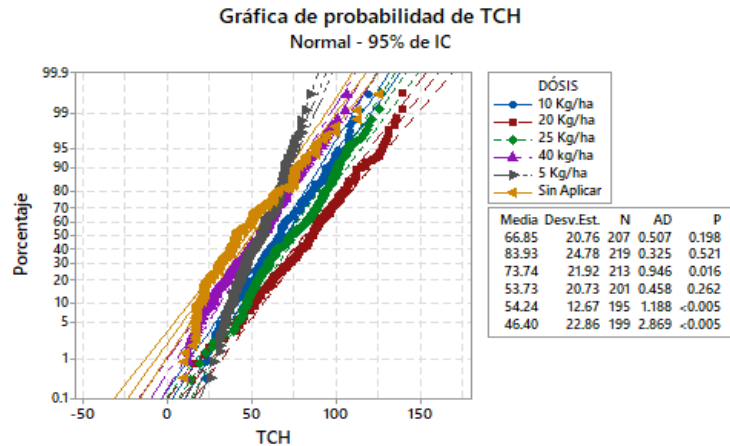
En la presente grafica se puede apreciar la variación de las medias según la normalidad de los datos.

Grafica 7. Histograma de frecuencias TCH/Densidad



El histograma de frecuencias nos muestra el comportamiento de cada tratamiento según los valores de densidad relacionados con el tonelaje de gaña de azúcar.

Grafica 8. Probabilidad de TCH



En la gráfica de probabilidades nos muestra la mejor opción para la utilización de un producto donde esta medida por porcentaje según la variable a relacionar.

Determinación de biomasa por edad fenológica del cultivo (*Crotalaria juncea* L).

4.3.1 Descripción:

En la siembra de granos básicos como lo son las leguminosas han tomado un gran auge en lo que se conoce como agricultura orgánica, que se ha ideado nuevas alternativas de recuperación de suelos. En el cultivo de las leguminosas se encuentra la Crotalaria (*Crotalaria juncea* L) conformada por unas 600 especies que provienen mayormente de las regiones tropicales del planeta, es una planta anual que posee la propiedad de ser una planta fijadora del nitrógeno atmosférico y alta portadora de materia.

El Ingenio Pantaleón ve la oportunidad de realizar estas prácticas como una medida de fertilización orgánica antes de la siembra del cultivo de caña de azúcar,

En los procesos de producción se realizar la mecanización donde es un proceso que conlleva a incorporar al suelo el cultivo en verde aportando sus cuerpos (material vegetal biodegradable) siendo un abono verde aprovecha a fertilizar la cultivo de caña de azúcar minimizando costos en la inversión de insumos sea como fertilizantes se obtiene una plusvalía a los suelos ya que ayuda a regenerar la fauna microbiana del suelo.

Se determinará la biomasa disponible en distintas etapas fenológicas del cultivo de la crotalaria desde su siembra, crecimiento hasta cosecha realizado en la región central del territorio del Ingenio Pantaleón de la finca San Vicente-1065 lote-201, de parte del Ingenio Pantaleón, se analizaran las muestras en los laboratorios de cegicaña que procederán a un análisis de peso de la muestra siendo peso húmedo y peso seco del material vegetal y se analizara el contenido de nitrógeno en el área foliar.

4.3.2 Objetivos

- Determinar el aporte de biomasa por el cultivo en distinta etapa fenológica.
- Apoyar en las actividades de muestreos y generación de información.

4.3.3 Metas

- Realizar 6 muestreos en diferentes etapas fenológica del cultivo de la crotonaria.
- Realizar los análisis respectivos de regresión y método gráfico.

4.3.4 Metodología

a. Planificación de área de muestra

Se escogió una área representativa, tomando un tramo de surco de 2 hileras a 1.5 metros de largo contando la población de las 2 hileras donde se procederá a extraer el material vegetativo tomando la biomasa del cultivo en diferente etapa fenológica. Se recolectara el material cortando la mata a 5 cm a la superficie del suelo evitando que la muestra se contamine por el suelo, posterior mente se pesa el material verde que luego se procede al empaqueo de las sub muestras para laboratorio donde se pica el material verde por medio de un molino y se recolecta en una bolsa de papel manila y se le agrega una etiqueta para distinción del material con su código.

b. Selección de muestras por crecimiento

Se realizó 6 muestreos durante el desarrollo del cultivo iniciando la primera a los 25 días después de la siembra, conjuntamente se realizó los muestreos de biomasa a los 28, 49, 68, 88, 110 y 132 asegurando muestrear las etapas fenológicas en el desarrollo vegetativo del cultivo.

c. Recolección y pesado de muestras

A manera que se extrae el producto vegetal se procede a pesar las 5 muestras recolectadas de forma inmediata que constituye el peso húmedo de la muestra.

En el último muestreo (muestreo 6) consiste en la separación del grano con la biomasa vegetativa (tallos/hojas/vainas vacías.) el grano será obtenido de forma manual al cual se le determino el contenido de humedad.

Las muestras son transportadas a laboratorio para la determinación de humedad y el contenido de nitrógeno, macro y micro nutrientes.

4.3.5 Evaluación

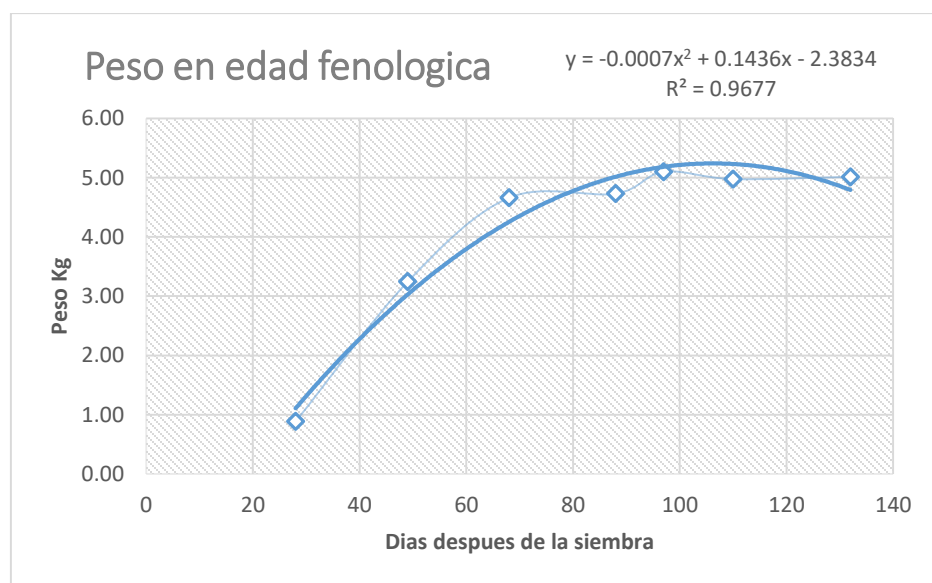
a. Toma de muestras en diferentes etapas fenológica del cultivo (*Crotalaria juncea L.*).

En el apoyo brindado a la unidad de práctica, para logro y cumplimiento de las actividades se necesitó elaborar un programa de muestreo calendarizado en distintas etapas fenológicas del cultivo que consecutivamente se muestreo en diferentes sectores del lote en donde se brindó apoyo en la recolección de muestra, pesado y arreglo para el análisis en laboratorio y como último se elaboró los análisis descriptivos en la relación del crecimiento del cultivo con su peso foliar de cultivo.

Se determinó realizar 6 muestreos distribuidos en distinta etapa fenológica del cultivo, todo con el fin de identificar el tiempo donde el crecimiento, donde se mantiene y donde pueda haber máxima recolección de nutrientes.

A continuación se muestra unos resultados de la medición del cultivo en el campo mostrando el incremento en peso referido al rendimiento del cultivo

Grafica 9. Peso de acuerdo a la edad de cultivo



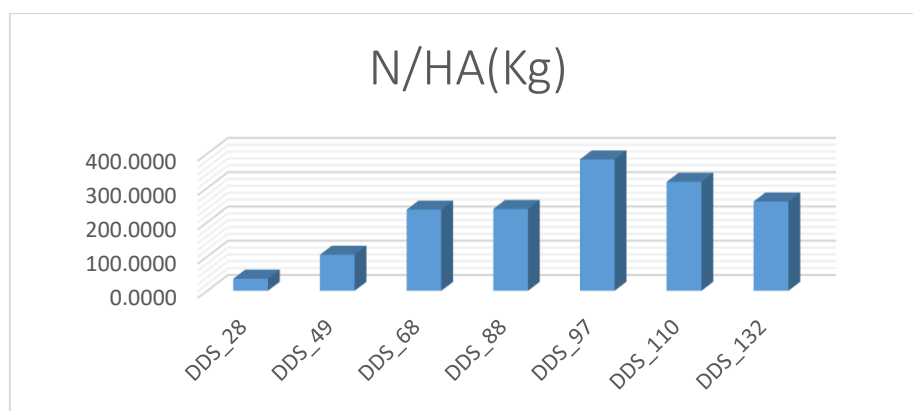
En la presente grafica muestra el crecimiento del cultivo en biomasa según los días después de la siembra, donde tiene el máximo auge en pes del muestreo asilando desde 70 días hasta 100 días.

Cuadro 14. Promedio de rendimiento húmedo y seco por hectárea

DDS	Promedios		
	Rendimiento Kg/Ha	MATERIA SECA kg/HA	N/HA(Kg)
28	5216.471	759.8407059	35.3616
49	19084.706	3551.935529	105.1374
68	32689.412	7295.548036	236.7299
88	27823.529	7451.056458	238.8056
97	33941.176	11222.72886	383.2451
110	35901.176	12683.37059	317.8124
132	29489.412	12289.32131	260.5613

En la presente tabla muestra el rendimiento del cultivo según el tipo de materia (húmedo – seco) donde muestra y el contenido de nitrógeno en kilogramos por hectárea contenidos en la materia seca.

Grafica 10. Nitrógeno por hectárea en distinta etapa fenológica



En la presente grafica muestra el contenido de nitrógeno en kilogramos por hectárea del material muestreado en la finca. Donde se aprecia el punto máximo de incremento de nitrógeno en la planta a los (88 – 100 días) después de la siembra.

Cuadro 15. Relación carbono nitrógeno

DDS	Promedio de N %(muestra)	Promedio de C%	Materia seca (kg)	Materia Organica kg/ha
30/08/2018	4.6524	1.1631	759.8407059	457.086219
20/09/2018	2.96342	0.740855	3551.935529	1360.995869
9/10/2018	3.22038	0.805095	7295.548036	3037.830702
29/10/2018	3.2134	0.80335	7451.056458	3095.858969
7/11/2018	3.41524	0.85381	11222.72886	4955.850807
20/11/2018	2.542	0.6355	12683.37059	4168.777854

En este cuadro muestra los promedios de nitrógeno contenidos a la muestra, se realizó una relación de carbono nitrógeno donde dice que: (25-30 partes de C por una de N). Esto se realiza con el fin de determinar el contenido de materia orgánica aportada según el tiempo fenológico del cultivo.

4.4 Procesamiento de imágenes satelitales (Sentinel 2 y Landsat 8 OLI) para la elaboración de mapas con índices de vegetación de las áreas del departamento de agricultura de precisión.

4.4.1 Descripción

Actualmente se desea impulsar el uso de imágenes satelitales para monitoreo del crecimiento de la caña de azúcar, esto se puede desarrollar mediante los índices radiométricos obtenidos de las imágenes hiper-espectrales de los satélites (índices de vegetación, suelo y agua). Estos algoritmos elaborados a partir de las bandas espectrales han demostrado ser eficaces para brindar información acerca del estado fitosanitario, contenido nutricional, presencia de malezas, humedad del dosel en el cultivo de caña de azúcar. En el departamento de agricultura de precisión manejan lo que son fotografías satelitales en las que se elaboran índices de cobertura vegetal (NDVI), índice de humedad del cultivo (NDWI), índice de clorofila (NDRE) Y índice de estrés hídrico (MSI). Las imágenes son cargadas a la plataforma de la estación espacial europea en que a medida del preprocesamiento se obtienen estos índices.

4.4.2 Objetivo

Realizar el procesamiento de las imágenes satelitales provenientes de los satélites Landsat 8 OLI y Sentinel 2.

- Realizar los mapas con los índices de vegetación en las áreas de agricultura de precisión.

4.4.3 Meta

- Realizar el procesamiento de 41 imágenes del satélite Sentinel y 13 del satélite Landsat para la elaboración de índices de vegetación durante el periodo de práctica.

4.4.4 Metodología

Para que la información sea confiable y precisa, se debe realizar antes una serie de procedimientos que se conocen como Preprocesamiento; incluye la corrección atmosférica y geométrica de la imagen, además de la calibración radiométrica de la misma. A partir de la imagen Preprocesada se puede empezar a realizar análisis de la misma mediante los índices radiométricos.

a. Descarga y procesamiento de imagen satelital Landsat 8 OLI y Sentinel 2

Las imágenes de Landsat 8 OLI se encuentran liberadas y disponibles en los servidores de USGS (Servicio Geológico de Estados Unidos) cada 15 días. (Link de descarga: www.earthexplorer.usgs.gov) (USGS, 2016) y las imágenes de Sentinel 2 se encuentran en el programa espacial de la Unión Europea, que carga las imágenes a cada 5 días. Link de descarga: (www.copernicus.eu) El procesamiento se realizará con el Software Qgis, aplicando la calibración radiométrica y corrección atmosférica de las imágenes, para obtener la reflectancia de la superficie (Xue y Su 2017).

El procesamiento de las bandas de imagen se realizará mediante el software Qgis, de código abierto (ver anexos 5).

4.4.5 Evaluación

a. Elaboración de los índices respectivos

Se procedió al reprocesamiento de imágenes satelitales para realizar los respectivos índices de NDVI, NDWI, MSI y NDRE. Sabiendo la frecuencia de cada

satélite se realizó un calendario donde identifica la fecha de la imagen. No todas las imágenes descargadas se pudieron realizar el preprocesamiento debido al clima existente en periodos lluviosos no se realizaron los respectivos índices.

En anexos se encuentra el formato a utilizar para la generación de mapas e índices respectivos.

Cuadro 16. Fecha de imágenes satelitales.

IMÁGENES NDVI									
Protocolo									
Sentinel								Lanasat	
S1	10/04/2018	S13	14/07/2018	S25	22/09/2018	S37	6/12/2018	L1	8/05/2018
S2	15/04/2018	S14	19/07/2018	S26	2/10/2018	S38	11/12/2018	L2	25/06/2018
S3	20/04/2018	S15	24/07/2018	S27	12/10/2018	S39	16/12/2018	L3	11/07/2018
S4	25/04/2018	S16	3/08/2018	S28	22/10/2018	S40	26/12/2018	L4	27/07/2018
S5	15/05/2018	S17	8/08/2018	S29	27/10/2018	S41	31/12/2018	L5	12/08/2018
S6	20/05/2018	S18	13/08/2018	S30	1/11/2018			L6	29/08/2018
S7	25/05/2018	S19	23/08/2018	S31	6/11/2018			L7	13/09/2018
S8	30/05/2018	S20	28/08/2018	S32	11/11/2018			L8	29/09/2018
S9	14/06/2018	S21	2/09/2018	S33	16/11/2018			L9	31/10/2018
S10	29/06/2018	S22	7/09/2018	S34	21/11/2018			L10	17/11/2018
S11	4/07/2018	S23	12/09/2018	S35	26/11/2018			L11	2/12/2018
S12	9/07/2018	S24	17/09/2018	S36	1/12/2018			L12	18/12/2018

4.5 Control de calidad para las cosechadoras en la preparación de líneas de surco geo referenciadas distribuidas a la red de RTK para la cosecha mecánica

4.51 Descripción

La cosecha mecánica es una herramienta sofisticada que se realizan en las empresas en la actualidad, con un sistema referenciado con señal de radio RTK que significa Real Time Kinematic, posicionamiento cinemático en tiempo real, y alía la tecnología de navegación por satélites a un módem de radio o a un teléfono GSM para obtener correcciones instantáneas. Disponiendo de cosechadoras con modo automático con GPS se procede a la elaboración de líneas de cosecha con un sistema software en donde indicaran a la cosechadora avanzar geo-posiciona en el campo, facilitando la cosecha y al operador al momento de operar la máquina.

Algunas aplicaciones de ingeniería exigen que el procesamiento y el abastecimiento de las coordenadas se obtengan instantáneamente, sin la necesidad de un postprocesamiento de los datos. La técnica de posicionamiento RTK se basa en la solución de la portadora de las señales transmitidas por los sistemas globales de navegación por satélites GPS, Glonass y Galileo, este último todavía en fase de

implantación. Una estación de referencia provee correcciones instantáneas para estaciones móviles, lo que hace que con la precisión obtenida se llegue al nivel centimétrico (MundoGEO, 2018).

La estación base retransmite la fase de la portadora que midió, y las unidades móviles comparan sus propias medidas de la fase con la recibida de la estación de referencia. Esto permite que las estaciones móviles calculen sus posiciones relativas con precisión milimétrica, al mismo tiempo en que sus posiciones relativas absolutas son relacionadas con las coordenadas de la estación (SIRGAS 2012).

Lo que se desea en esta actividad es el ordenamiento de la base de datos de todas las fincas, líneas de surco, líneas de mecanización etc, del ingenio Pantaleón, dando un ordenamiento espacial digital de todos los shapes o unidades de medida del software Argis diseccionando a la debida área de interés esto da como beneficio la facilidad de operar las cosechadoras en el campo, activando el piloto automatico dirigidas por el shapefile realizado.

4.5.2 Objetivos

- Realizar la preparación de líneas para el surcado referenciado en los distintos lotes asignados.

4.5.3 Metas

- Realizar el ordenamiento de los SHAPES y procesamiento de líneas de surco en las 9 fincas a cargo del departamento de AP.

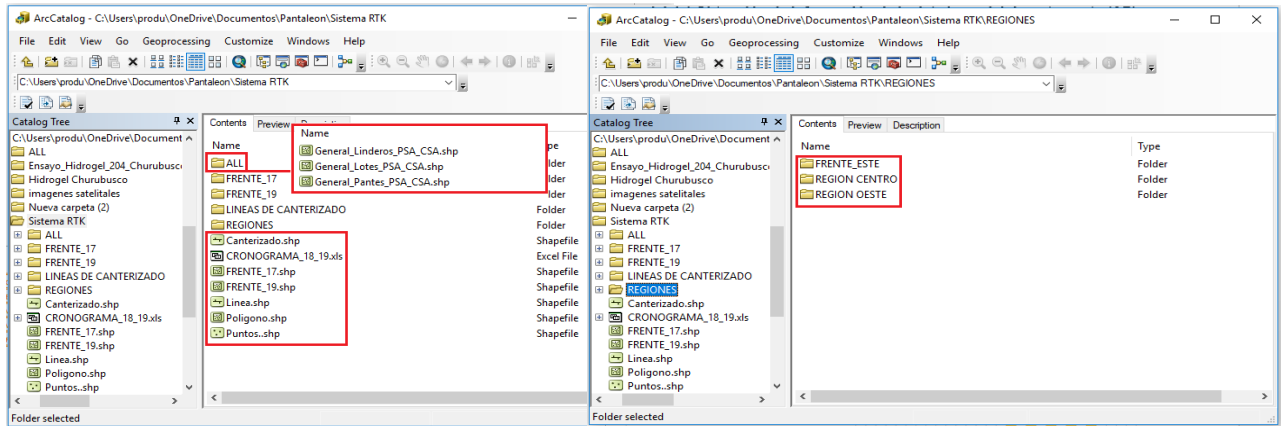
4.5.4 Metodología

Para poder trabajar para el control de calidad en las cosechadoras en modo GPS se debe de disponer de información previa como lo son todos aquellos datos respectivos como información de posiciones o localización de las fincas del departamento, encaminamientos etc. Disponiendo de un software se da lectura a toda la información recolectada y se procesa para su caracterización y ordenamiento.

a. Obtención de información de la data base del departamento (AP)

Para la gestión de información de la base de datos del departamento de agricultura de precisión se empieza con la elaboración de carpetas, caracterizando toda finca, lote o unidad de área medida del departamento ya sea por región, para ello se necesita la información básica digital de departamento.

Figura 5. Lugar de almacenamiento de los SHAPES procesados.

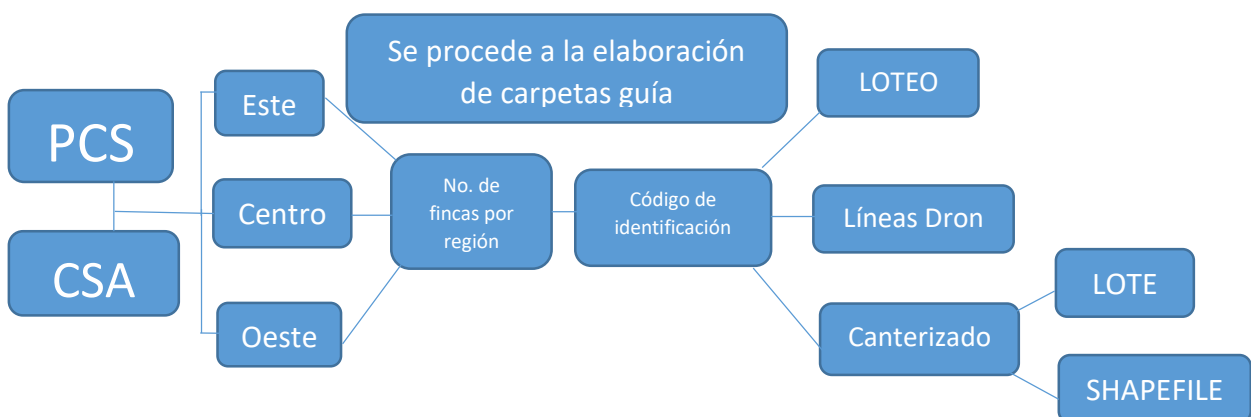


b. Proceso de arreglo y gestión de la información

Para dicho procesamiento se debe de seguir un correlativo o diagrama de procesamiento de información.

A continuación se mostrará un diagrama del proceso de información de la base de datos del ingenio Pantaleón en que se priorizan algunas fincas que tiene acceso a la cosecha mecánica para este año.

Figura 6. Proceso de información y gestión de la data base.



c. Entrega de datos y verificación de las cosechadoras en modo automático en el campo

En el final del proceso, los documentos elaborados se envían a los operadores de las cosechadoras en que el archivo SHAPEFILE es reconocido por el sistema informativo del tractor y teniendo un punto geo-referenciado, que sirve de corrección nombrado como banco de marca, en donde estará posicionado las antenas de RTK para realizar las correcciones medidas y guiar las cosechadoras mediante las líneas creadas a base de software, conjuntamente con el diseñador se colabora en el campo dando una supervisión a las maquinas al momento de iniciar la cosecha.

4.5.5 Evaluación

En el procesamiento de corrección de líneas de surco se realizó mediante los sistemas de información geográficas con las imágenes de aéreas de dron donde se geo-posicionaban los surcos y mediante a ello se realizaba las correcciones, estas imágenes las provee el departamento de agricultura de precisión, mediante prioridad se escogen las fincas ideales que no tengan alto contenido de pedregosidad, alta pendiente entre otras cosas. Para iniciar con la cosecha automecanizada. Se debe de tener corregido las líneas de cosechadora antes del inicio de la cosecha automática.

Figura 7. Listado de líneas de cosecha corregidas por lote y finca.

REGION ESTE		REGION CENTRO		REGION OESTE	
Finca	Barberena Verapaz	Finca	Agropecuaria Churubusco Anaite rentada El Para El Obraje San Bonifacio	Finca	California
Lote	1069001	Lote	10108105 10108108 10132202 10113503 1011407 10114202 10114208 1000045001	Lote	100561401 100561501
Pante	1069001	Pante	10108105 10108108 10132202 10113503 1011407 10114202 10114208 1000045001	Pante	100561401 100561501

Este es un listado de fincas donde se realizó la corrección de líneas de surco, líneas respectivas, por el momento el departamento de cosecha autorizo la cosecha mecanizada mediante las líneas primareas del sistema (A y B).

(Ver mapas descriptivo de líneas de surco para la cosecha mecanizada en el Anexo 5).

5. SERVICIOS NO PLANIFICADOS

5.1 Cuantificación de aporte de elementos por el cultivo crotalaria en distintas fincas del Ingenio Pantaleón

5.1.1 Descripción

En Pantaleón tiene como programa la rotación de cultivos al momento de la renovación del cultivo de caña de azúcar, esto se realiza a cada 5 años, cuando la planta ya no concentra azúcar en su biomasa debido al alto grado de corte y al mayor número de tallos por metro lineal.

Esto se realizara mediante un programa de cosecha del material, donde los lotes en renovación pasarán a hacer lotes productivos de caña de azúcar. Debido a este programa se elaboró un análisis descriptivo del material antes que incorporaran el cultivo al suelo.

5.1.2 Objetivos

- Determinar el aporte de materia seca/ha, kg nitrógeno aportado y toneladas de materia orgánica por hectárea del cultivo abono.
- Identificar la cantidad de aportación del cultivo en las distintas fincas según su estrato de ubicación.

5.1.3 Metas

- Realización los cálculos respectivos en las 4 fincas donde existan lotes en renovación.

5.1.4 Metodología

En el análisis de incorporación de elementos se realizó iniciando la extracción de muestras provenientes de las fincas a muestrear, donde existan lotes en renovación. Se tomó los datos de biomasa (peso fresco de la muestra y peso seco) y determinar la cantidad de nitrógeno, macro y micro nutrientes acumulado en el área foliar por etapa de cultivo mediante el método de Kjendahl realizados en el laboratorio de Disagro.

a. Planificación de área de muestra

Se realizó los puntos de muestreo mediante la descarga y procesamiento de imágenes satelitales en los sistemas de información geográfica, mediante los índices de NDVI se escogerán las gradientes de vegetación mediante la identificación de colores en el mapa, buscando las distintas áreas para completar los muestreos en los lotes.

b. Selección de muestras por crecimiento

En las 4 fincas a muestrear se dividen mediante los estratos cañeros, existió diferentes formas de siembra siendo siembra mecanizada en el estrato alto cañero y siembra aérea en los extractos medio alto y medio bajo aplicando una dosis de 18 kg de semilla por hectárea.

Siendo el procedimiento de muestreo en el extracto alto midiendo la distancia de 1.5 metros de surco muestreando la población existente (Numero de tallos por metro lineal) y peso de la biomasa existente el muestreo.

c. Recolección y pesado de muestras

A manera que se extrae el producto vegetal se procede a pesar las 5 muestras recolectadas de forma inmediata que constituye el peso húmedo de la muestra. Posteriormente se pesa el material verde que luego se procede al empacado de las sub muestras para laboratorio donde se pica el material verde por medio de un molino y se recolecta en una bolsa de papel manila y se le agrega una etiqueta para distinción del material con su código antes de ingresar la muestra al horno y ser procesada en el laboratorio.

5.1.5 Evaluación

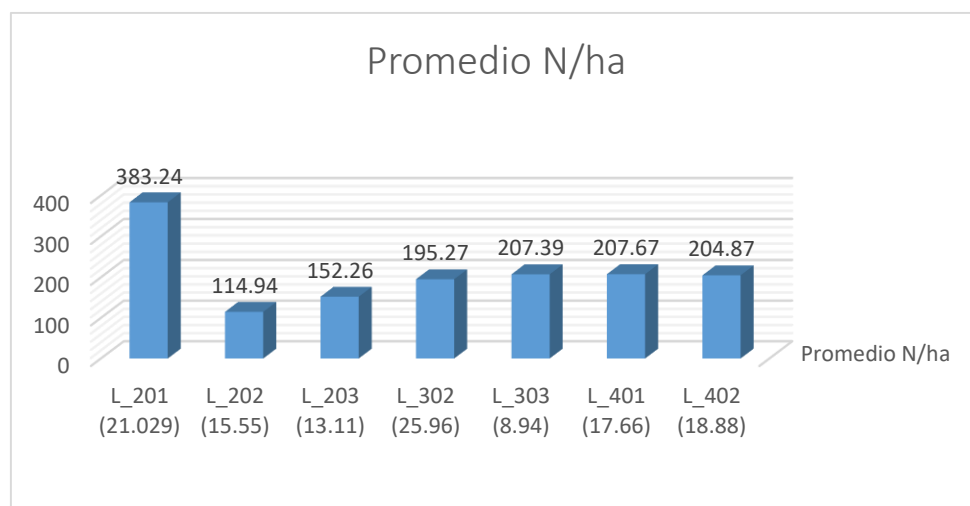
A continuación se muestra los resultados obtenidos de los muestreos del cultivo abono crotalaria en el estrato alto medio alto y medio bajo de parte del ingenio Pantaleón. Donde se muestrea en el periodo aproximadamente a 90 días antes de la incorporación del cultivo obteniendo los siguientes resultados.

a. Resultados de aporte de nutrientes en el extracto alto cañero

Cuadro 17. Promedio de NPK aportado en la finca San Vicente.

Etiquetas de fila	Area	Promedio de Población/ha	Promedio de kg N/TON CROT FRESCA	Promedio de kg P/Ton Crot fresca	Promedio de kg K/Ton Crot fresca
San Vicente	16.55	302076.96	10.26	4.06	19.39
201	21.02	358400	11.28	4.42	19.65
202	15.55	343000	4.10	4.10	19.53
203	13.11	224000	9.31	3.97	18.96
302	25.96	287000	9.59	3.83	18.09
303	8.94	336000	9.98	4.03	19.77
401	17.82	206500	11.76	3.32	18.49
402	13.51	245000	10.84	4.32	22.49
Total general	160.61	302076.92	10.26	4.06	19.39

Grafica 11. Promedio de Nitrógeno por hectárea en la finca San Vicente.



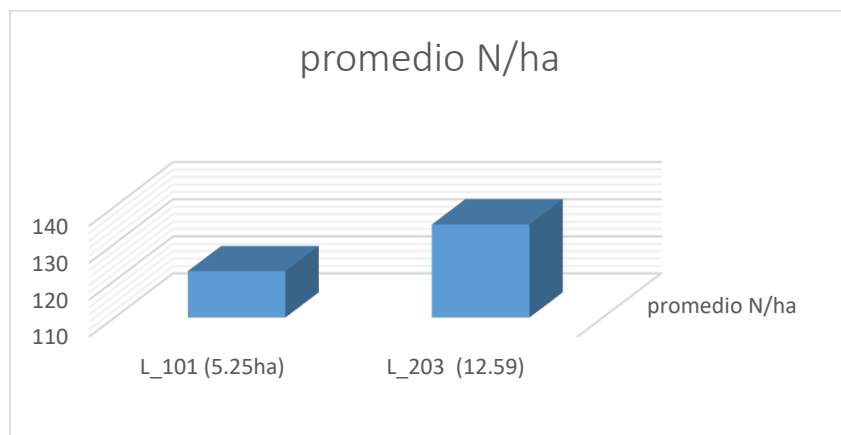
Cuadro 18. Cantidad de materia orgánica aportada en la finca San Vicente.

LOTES	Materia Organica kg/ha
L_201 (21.029)	4955.85
L_202 (15.55)	1486.20
L_203 (13.11)	1968.84
L_302 (25.96)	2560.61
L_303 (8.94)	2681.61
L_401 (17.66)	2685.40
L_402 (18.88)	2648.97

Cuadro 19. Promedio de NPK aportado por el cultivo en la finca El Baúl.

Etiquetas de fila	Suma de Area	Promedio de Poblacion/ha	Promedio de kg N/TON CROT FRESCA	Promedio de kg P/Ton Crot fresca	Promedio de kg K/Ton Crot fresca
El Baúl	17.87	269090.90	9.683043515	3.358245489	19.35828544
101	5.28	254000	10.65756782	2.971074439	17.57156046
203	12.59	281666.66	8.87093993	3.680888029	20.84722292
Total general	17.87	269090.9091	9.683043515	3.358245489	19.35828544

Grafica 12. Promedio de Nitrógeno por hectárea en la finca El Baúl.



Cuadro 20. Cantidad de materia orgánica aportada en la finca El Baúl.

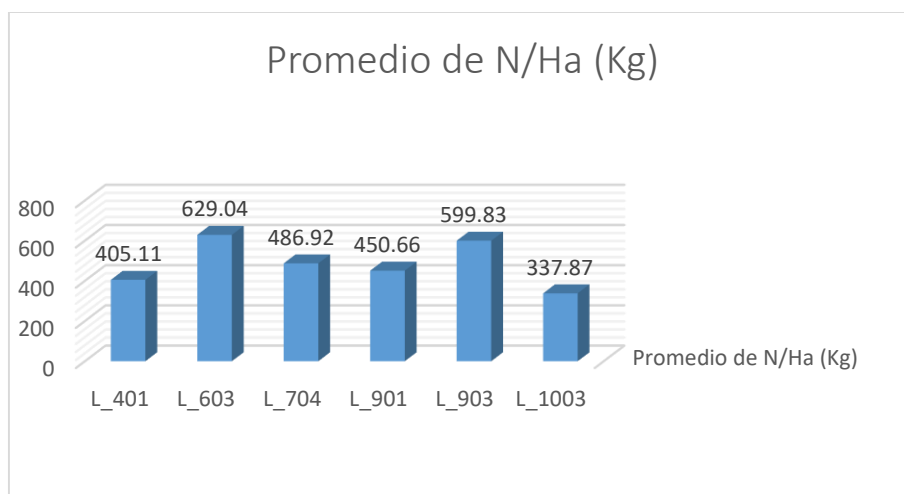
LOTES	Materia Organica kg/ha	Materia Organica Ton/ha
L_101 (5.25ha)	13765.30	13.76529576
L_203 (12.59)	11481.17	11.48117159

b. Resultados de aporte de nutrientes en el extracto medio alto

Cuadro 21. Promedio de NPK aportado por el cultivo en la finca La Isla.

Etiquetas de fila	Area/ha	Promedio de Plantas/ha	Promedio de kg N/Ton Crot fresca	Promedio de kg P/Ton Crot fresca	Promedio de kg K/Ton Crot fresca
La Isla	2.138	2529880	9.945071381	2.04016771	14.72963995
401	3.07	2686140	9.81969369	1.620907313	13.61579713
603	0.78	2265960	12.19802794	2.542486324	15.49492932
704	2.07	2313540	9.668177636	2.113517138	14.77163349
901	2.85	2430360	10.11301186	1.985352968	14.86543794
903	2.39	2751600	9.961484798	2.248701633	15.19273759
1003	1.67	2731680	7.910032358	1.730040886	14.43730424
Total general	2.138	2529880	9.945071381	2.04016771	14.72963995

Grafica 13. Promedio de Nitrógeno por hectárea en la finca La isla.



Cuadro 22. Cantidad de materia orgánica aportada en la finca La Isla.

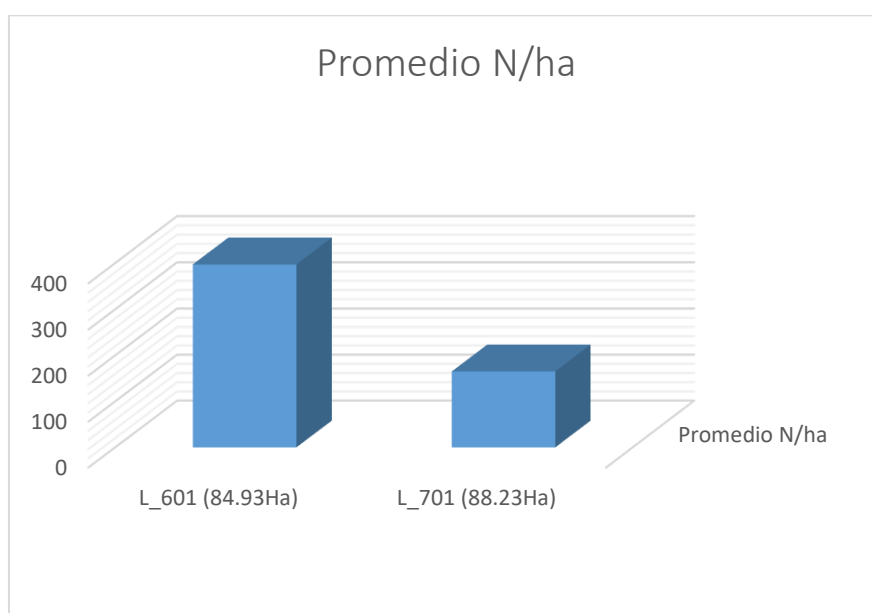
LOTES	Materia Organica kg/ha
L_401	3174.67
L_603	4875.63
L_704	3673.83
L_901	3396.98
L_903	4477.21
L_1003	2701.59

c. Resultados de aporte de nutrientes en el extracto medio bajo

Cuadro 23. Promedio de NPK aportado por el cultivo en la finca Playa Grande.

Etiquetas de fila	Area fresca	Promedio de kg N/Ton Crot fresca	Promedio de kg P/Ton Crot fresca	Promedio de kg K/Ton Crot fresca
Playa Grande	86.58	5.22	4.68	30.38
601	84.93	5.76	4.61	29.20
701	88.23	4.68	4.76	31.56
Total general	86.58	5.22	4.68	30.38

Grafica 14. Promedio de Nitrógeno por hectárea en la finca Playa Grande.



Cuadro 24. Cantidad de materia orgánica por hectárea en la finca Playa Grande.

LOTES	Materia Organica kg/ha
L_601 (84.93Ha)	5185.30
L_701 (88.23Ha)	5185.30

7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

En la presente imagen se muestra las distintas actividades a elaborar en el transcurso del tiempo en la unidad de práctica.

No.	Actividad	Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero			
		S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
	Elaboracion de ensaños de hidrogel																												
1	Elaboracion de aplicación y muestreo	X				X				X				X				X				X							
2	Aplicaciones en lugares respectivos		X				X				X				X				X				X						
3	Realizacion de los indices	X	X		X	X	X		X	X	X		X	X	X		X	X	X		X	X	X						
4	Entrega de resultados																									X	X		
	Procesamiento de indices de NDVI																												
1	Descarga de imágenes satelitales	X	X		X	X	X		X	X	X		X	X	X		X	X	X		X	X	X						
2	Procesamiento de las bandas	X	X		X	X	X		X	X	X		X	X	X		X	X	X		X	X	X						
3	Entrega de resultados																									X	X		
	Control de calidad para la cosecha automatica																												
1	Coordinar con el encargado al alrea de interes	X				X				X				X				X				X							
2	Administrar y ordinamiento de las fincas encargadas		X				X				X				X				X				X						
3	proceso de recorte de shape y crear ubicación	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X				
4	Entrega de resultados																									X	X		
	Toma de datos de biomasa en el cultivo crotalaria																												
1	Realizacion de esquemas y mapas de muestreos						X																						
2	Recoleccion de datos							X					X				X					X							
3	Analisis de los muestreos								X				X				X							X					
4	Entrega de resultados																									X	X		

6. CONCLUSIONES

En la unidad de agricultura de precisión trabaja con la interacción de varios componentes que son la variabilidad espacial y temporal de los campos de cultivo, donde tienen el uso de herramientas para identificar una crisis durante el tiempo de crecimiento de cultivo. En el diagnóstico elaborado en la unidad de práctica se identificó mediante un análisis FODA que el uso de la tecnología es una herramienta que genera oportunidades y soluciones de producción, donde se asocia con componentes de producción y recurso humano calificado con objetivos definidos y asociados a otros ámbitos y labores. Se fortaleció en la generación de información de las actividades de la unidad de agricultura de precisión mediante el programa elaborado de ejercicio profesional supervisado.

Del producto gellex y acuagel obtuvieron el mayor número de plantas germinadas por tratamiento. En la comparación de los productos a base de hidrogel, mediante las pruebas de calidad se identificó el mejor producto que almacena humedad, brindándole la cantidad de humedad medida al momento de ser absorbido por el material, en la comparación de retención de humedad, no existió diferencias entre cada producto.

El clima interfirió en la obtención de información de las imágenes satélites debido a que donde existe una concentración de nubes sobre una finca se elimina ese dato generado al satélite ya que es un dato erróneo.

En los análisis de determinación de biomasa según su edad fenológica se determinó que el tiempo óptimo de incorporación al suelo que oscila entre los (90-110) después de ser sembrado debido a que este es un indicador que nos muestra el tiempo óptimo de incorporación del material vegetal ya que contiene su máximo crecimiento y fijación de nutrientes.

En los promedios obtenidos en la aportación de elementos en macro nutrientes de NPK por contenido de materia fresca de cultivo se obtuvo una diferencia de una tonelada de N, 0.71 de P, siendo mayor por el estrato alto. En estrato medio obtuvo la mayor aportación de K con una diferencia de 1.59 ton/materia fresca de cultivo.

8. RECOMENDACIONES

- En las actividades se debe de realizar una lista de materiales a usar juntamente solicitando el equipo de protección necesario para llevar acabo la ejecución de la actividad con los riesgos evaluados.
- En el uso del polímero de hidrogel, se sugiere evaluar la aplicación del producto de forma de incorporación al suelo debido a que el material no tiene contacto con el ambiente y pueda que incremente su efectividad en retención de humedad.
- En el proceso de generación de información ya sea del proceso de canterizado, obtención de imágenes satelitales y muestreos e análisis de laboratorio se debe procurar almacenar la información a una data general en un disco duro ya que existe el riesgo de pérdida de información por mal manejo a los equipos.
- En el procesamiento de las imágenes satelitales y generación de mapas se debe de almacenar la data de manera comprimida debido a la capacidad de memoria del disco extraíble, categorizando debido al tiempo donde fue recolectada la información para una fácil búsqueda de la información.
- En la preparación de líneas de surco se sugiere utilizar la línea real contra la línea planificada, colaborando los datos con el diseño agrícola de la finca, donde se busca una alta precisión de localización del surco a medida de utilizar esta herramienta del sistema RTK.

9. BIBLIOGRAFÍA

Copernicus. 2018c. Copernicus in brief (en línea, sitio web). Consultado 15 jul. 2018.
Disponible en www.copernicus.eu

De guate. 2008. Municipio de Santa Lucía Cotzumalpagua (en línea). Guatemala.
Consultado 23 jun. 2018. Disponible en <http://www.deguate.com/municipios/pages/escuintla/santa-lucia-cotzumalguapa.php>

Mena Enamorado, JR. 2014. Caracterización del sistema de distribución de agua potable del casco urbano del municipio de Santa Lucia Cotzulmaguapa sistematización de práctica profesional (en línea). Guatemala, Universidad Rafael Landívar. p 9. Consultado 28 jul. 2018. Disponible en <https://icc.org.gt/wp-content/uploads/2016/01/mena-josue.pdf>

MundoGEO. 2018c. Posicionamiento en tiempo real con GPS RTK (en línea, sitio web). Brasil. Consultado 25 jul. 2018. Disponible en <https://mundogeo.com/blog/2000/01/01/posicionamiento-en-tiempo-real-con-gps-rtk/>

Pantaleon. c2018a. Nuestro proposito (en línea, sitio web). Santa Lucia Cotzulmaguapa, Escuintla, Guatemala. Consultado 20 jul. 2018. Disponible en <https://www.pantaleon.com/#proposito>

Pantaleon. c2018b Nuestros valores (en línea, sitio web). Santa Lucia Cotzulmaguapa, Escuintla, Guatemala. Consultado 20 jul. 2018. Disponible en <https://www.pantaleon.com/#valores>

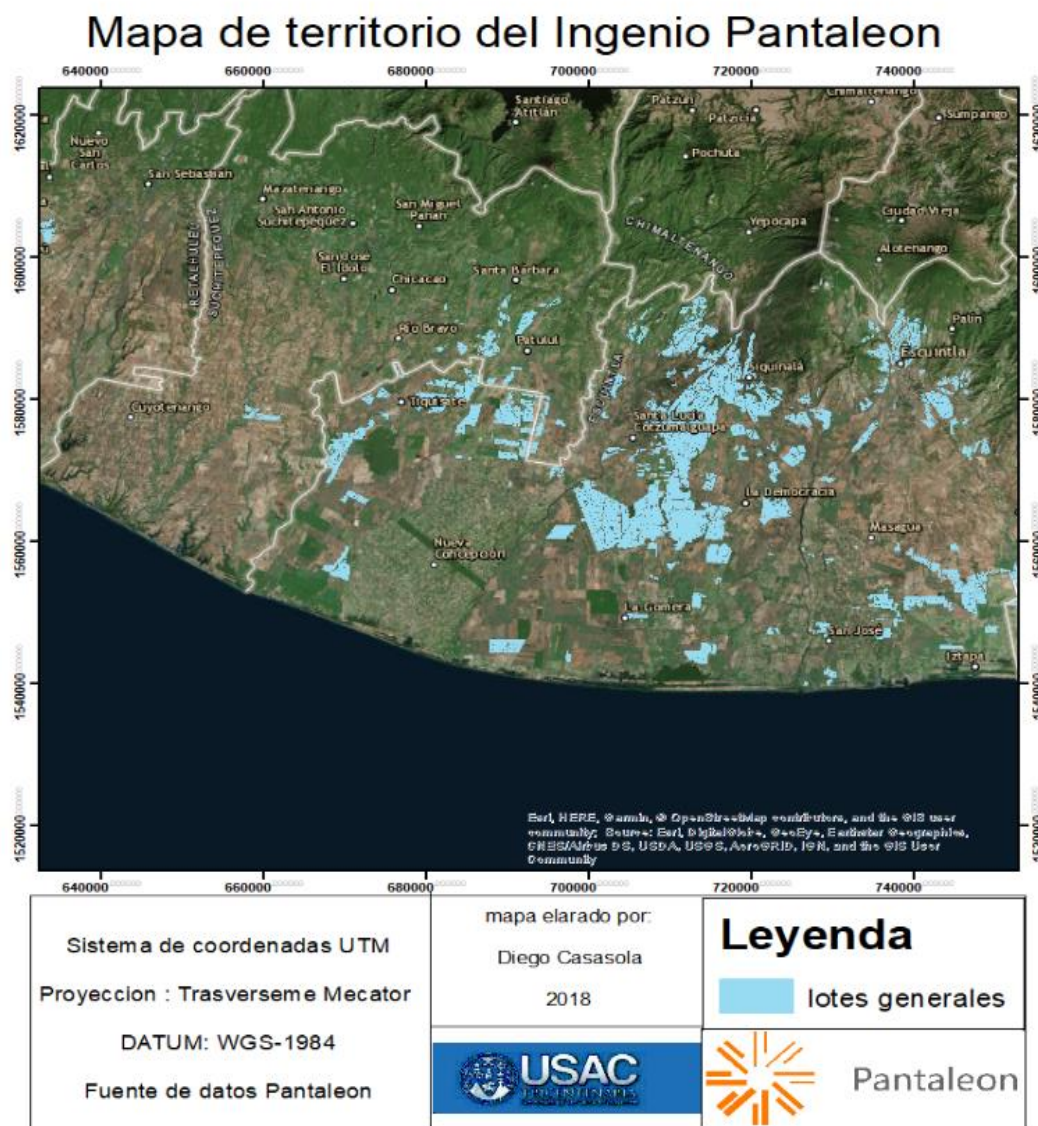
Pantaleon. c2018c. Vision (en línea, sitio web). Santa Lucia Cotzulmaguapa, Escuintla, Guatemala. Consultado 20 jul. 2018. Disponible en <https://www.pantaleon.com/#vision>

USGS (Servicio Geológico de los Estados Unidos). 2018c. Earth SPlorer (en línea, sitio web). Estados Unidos de America. Consultado 15 jul. 2018. Disponible en www.earthexplorer.usgs.gov

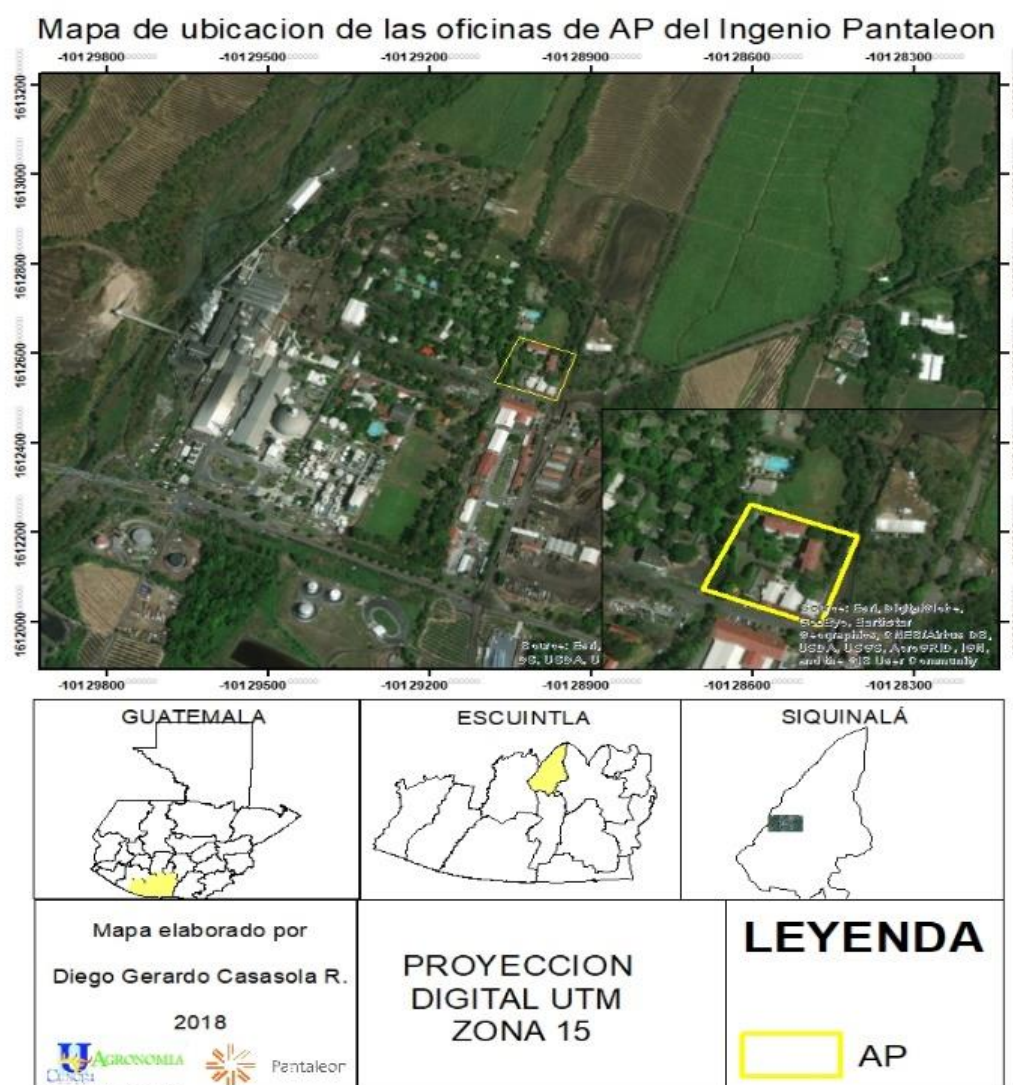
Villatoro, B; Perez, O. 2014. Caracterización de la zona cañera (en línea). *In* Cultivo de caña de azúcar en Guatemala. Melgar, M; Meneses, A; Orozco, H; Pérez, O; Espinosa, R (eds.). Guatemala, CEGICAÑA/Librerías Artemis Edinter. p. 33-44. Consultado 24 jun. 2018. Disponible en <https://cengicana.org/files/20170103101309141.pdf>

9 ANEXOS

Anexo 1. Mapa de territorio cañero del Ingenio Pantaleón



Anexo 2. Mapa de Vías de acceso hacia el Ingenio Pantaleón



Anexo 3. Croquis de los ensayos de dosificación en la finca Churubusco_204 .

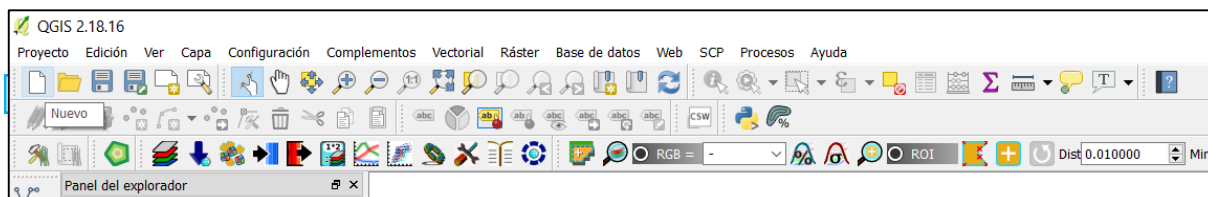


Anexo 4. Cuadro de bandas de longitud de onda por satélite.

Satélite	Bandas		Longitu de Onda (micrómetros)	Resolución (metros)
Landsat 8 OLI (Operational Land Imager) y TIRS (Thermal Infared Sensor)	Banda 1	Aerosol Costero	440	30
	Banda 2	Azul	480	30
	Banda 3	Verde	560	30
	Banda 4	Rojo	655	30
	Banda 5	Infrarrojo Cercano (NIR)	865	30
	Banda 6	SWIR 1	1610	30
	Banda 7	SWIR 2	2200	30
	Banda 8	Pancromático	590	15
	Banda 9	Cirrus	1370	30
	Banda 10	Infrarrojo Térmico (TIRS) 1	10895	100
	Banda 11	Infrarrojo Térmico (TIRS) 2	12005	100
SENTINEL 2	Banda 1	Aerosol Costero	443	60
	Banda 2	Azul	490	10
	Banda 3	Verde	560	10
	Banda 4	Rojo	665	10
	Banda 5	Red Edge 1	705	20
	Banda 6	Red Edge 2	740	20
	Banda 7	Red Edge 3	783	20
	Banda 8	Infrarrojo Cercano (NIR)	842	10
	Banda 8a	Red Edge 4	865	20
	Banda 9	Vapor de Agua	945	60
	Banda 10	Cirrus	1375	60
	Banda 11	SWIR 1	1610	20
	Banda 12	SWIR 2	2190	20

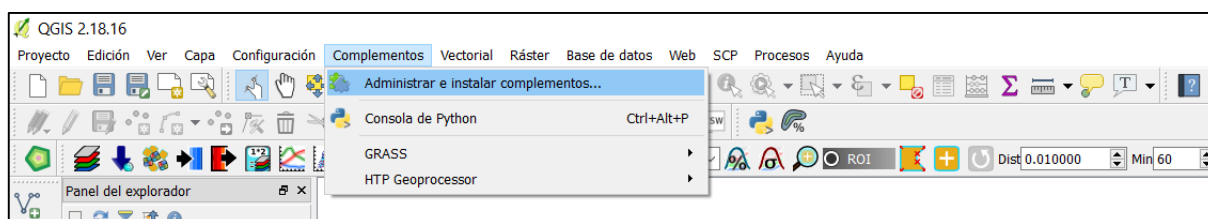
Anexo 5. Pasos de procesamiento de imagen satelital en Qgis.

Dar clic en nuevo proyecto

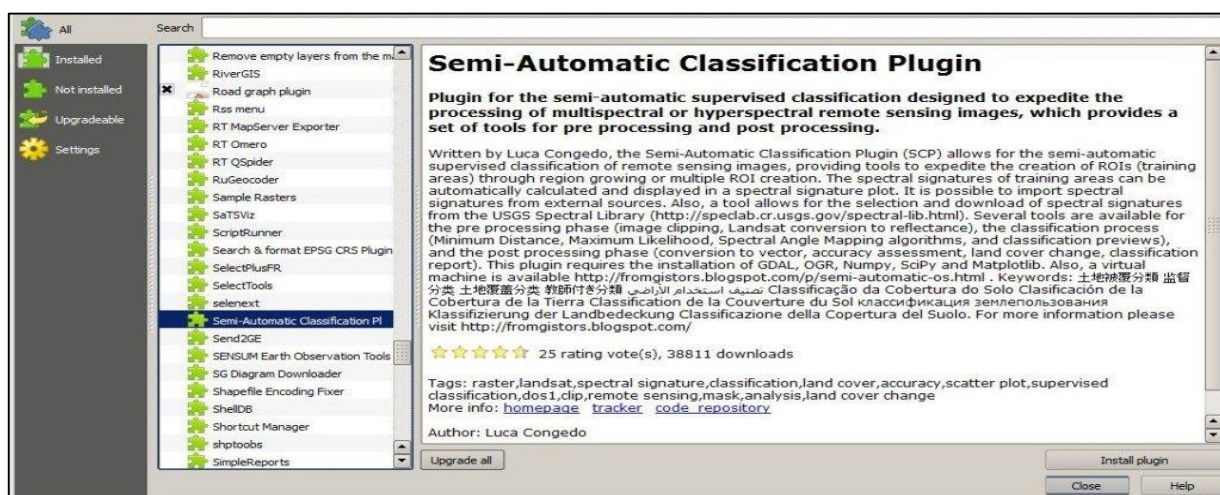


1. Instalación del complemento Semi-Automatic Classification Plugin

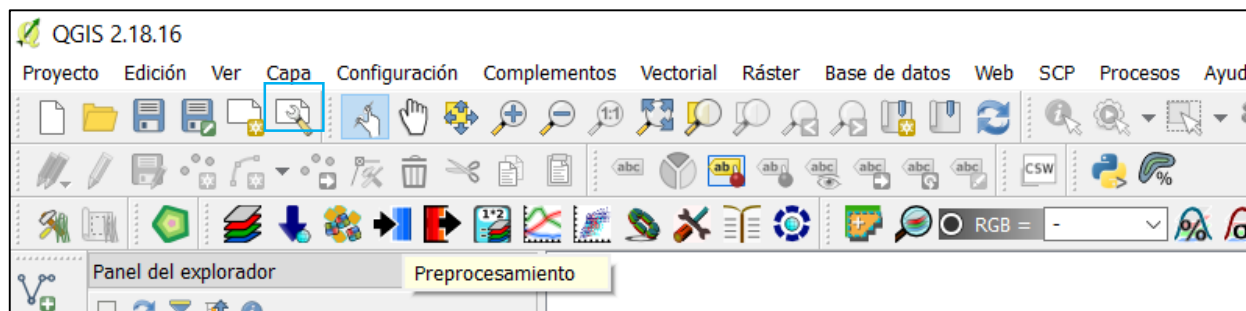
- Desde el menú principal, seleccionar: Complementos > Administrar e instalar complementos;



- De la opción Todos selecciona el Semi-Automatic Classification Plugin y haz clic sobre Instalar complemento

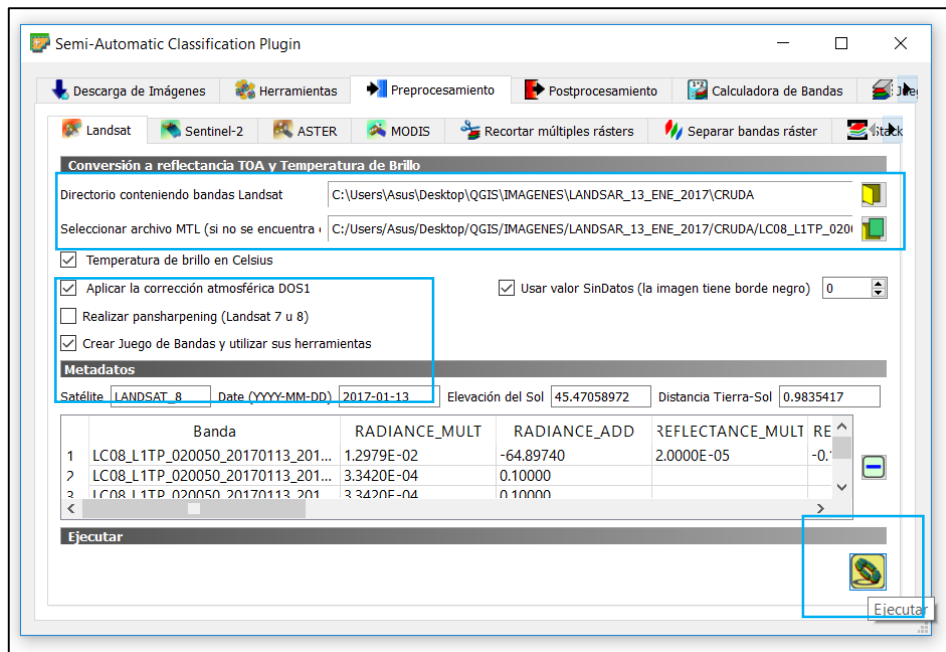


- Después de la instalación se nos despliega la barra de herramientas del Plugin, en la cual hay que dar clic en el icono **preprocesamiento**.

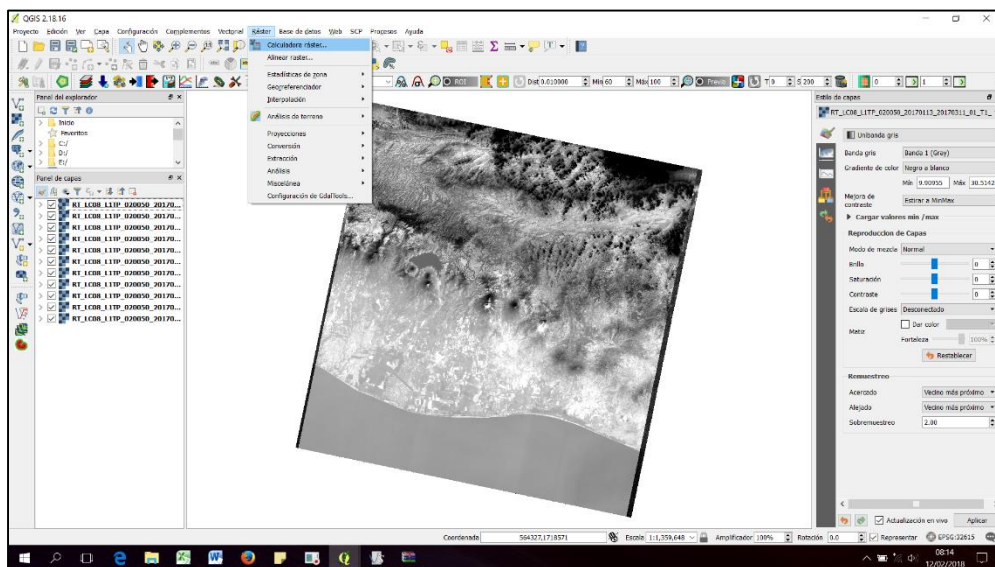


3. Configurar los campos de la ventana de SCP

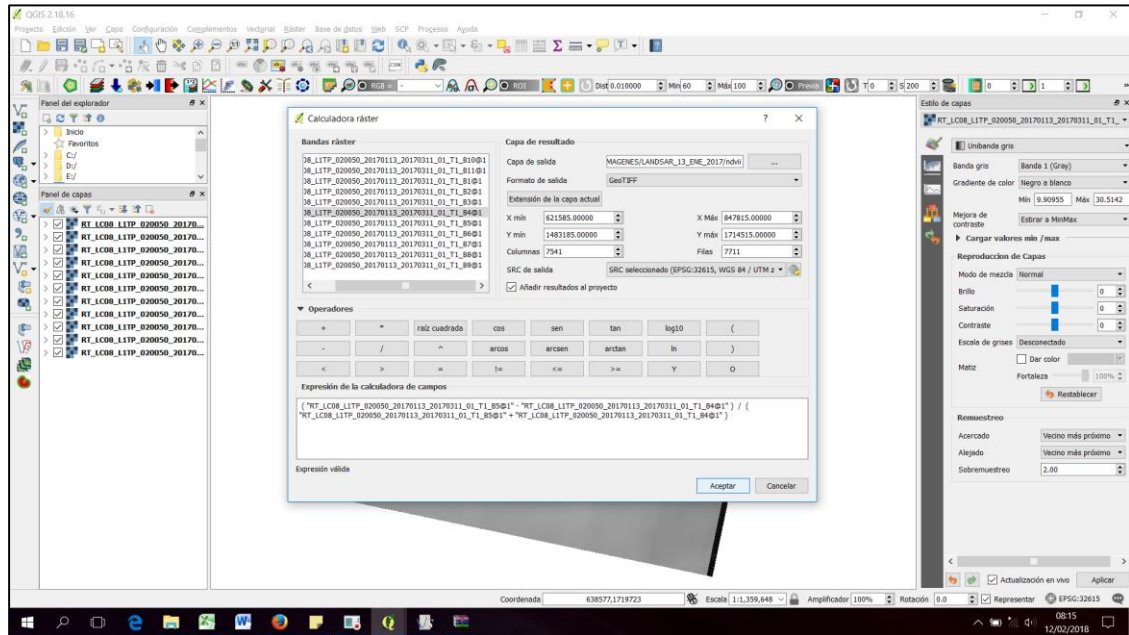
- a. Cargar las imágenes crudas y su metadata
- b. Se seleccionan los siguientes campos:
 - i. Temperatura de brillo en Celsius
 - ii. Aplicar corrección atmosférica DOS1
 - iii. Crear juego de bandas y utilizar sus herramientas
 - iv. Valor sin datos=0



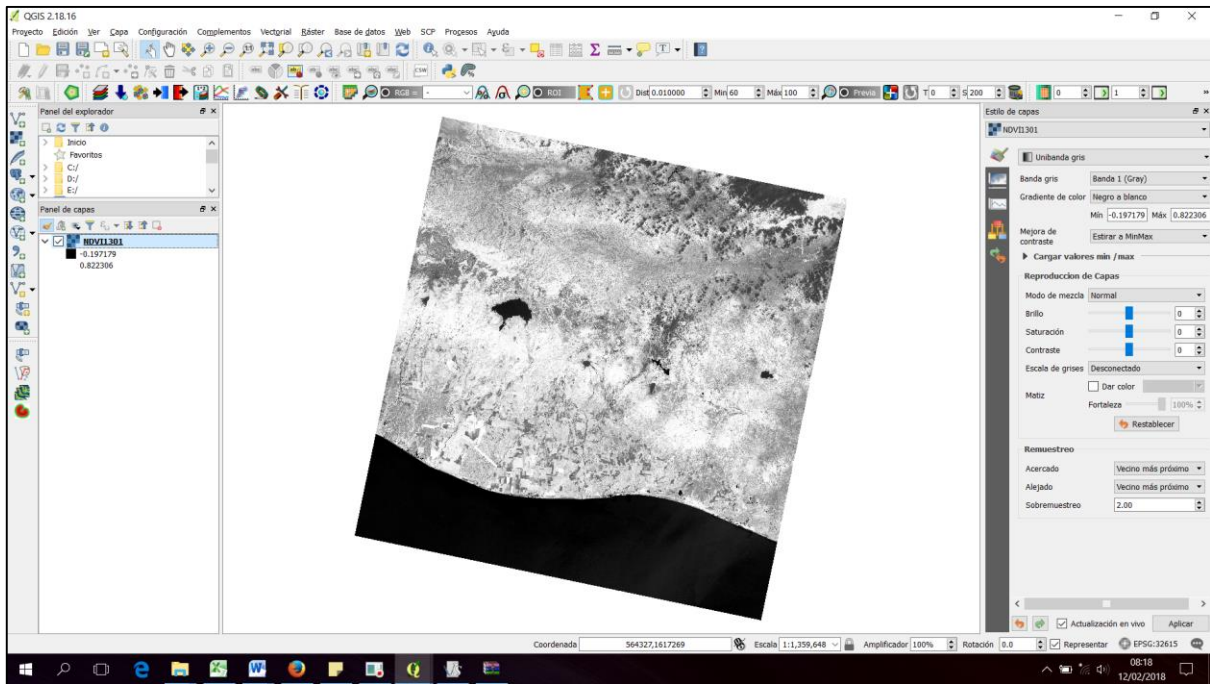
Clic en calculadora raster después de que se cargaron las bandas



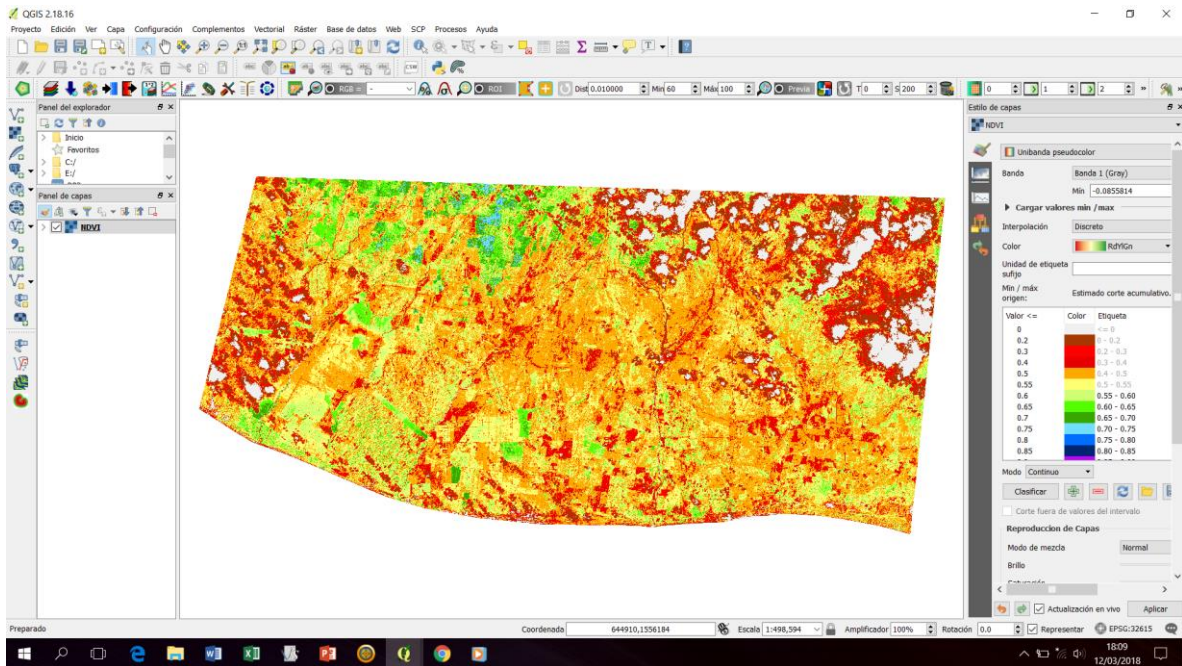
4. Llenar la pestaña de calculadora de bandas, definiendo el lugar donde se guardara el raster e incluyendo la fórmula de NDVI $((NIR-RED)/(NIR+RED))$



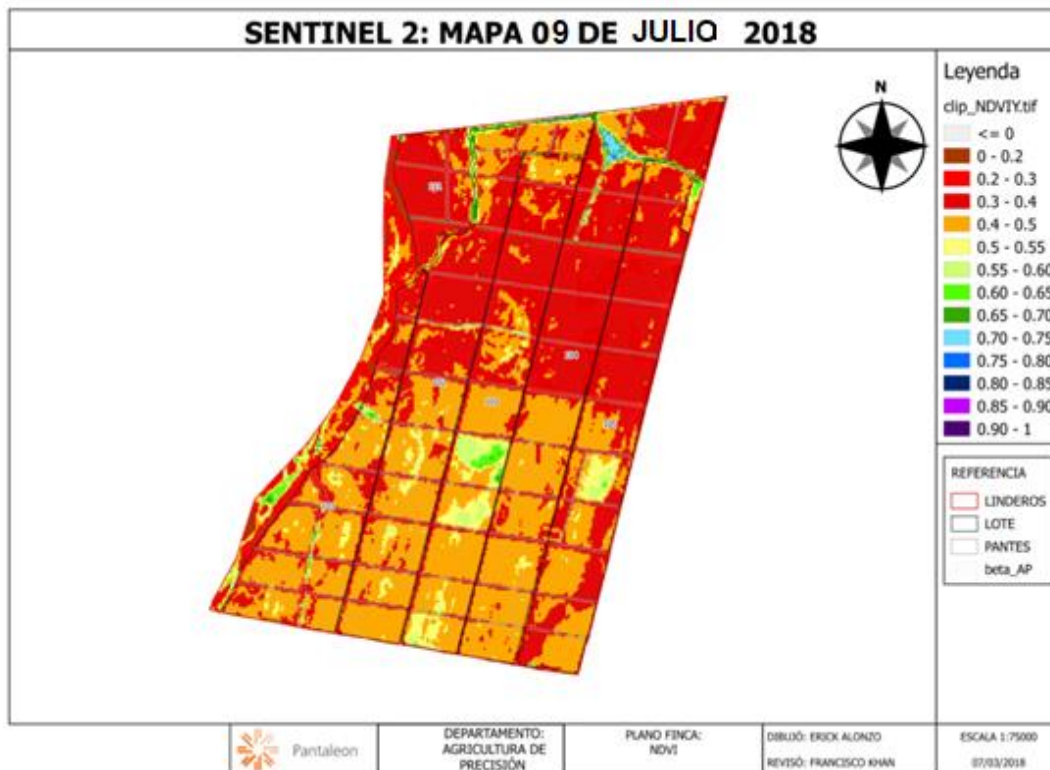
5. Se obtiene la capa raster NDVI con la corrección atmosférica y calibración radiométrica



6. se hace el recorte a la zona de interés y se agrega la paleta de colores respectiva.

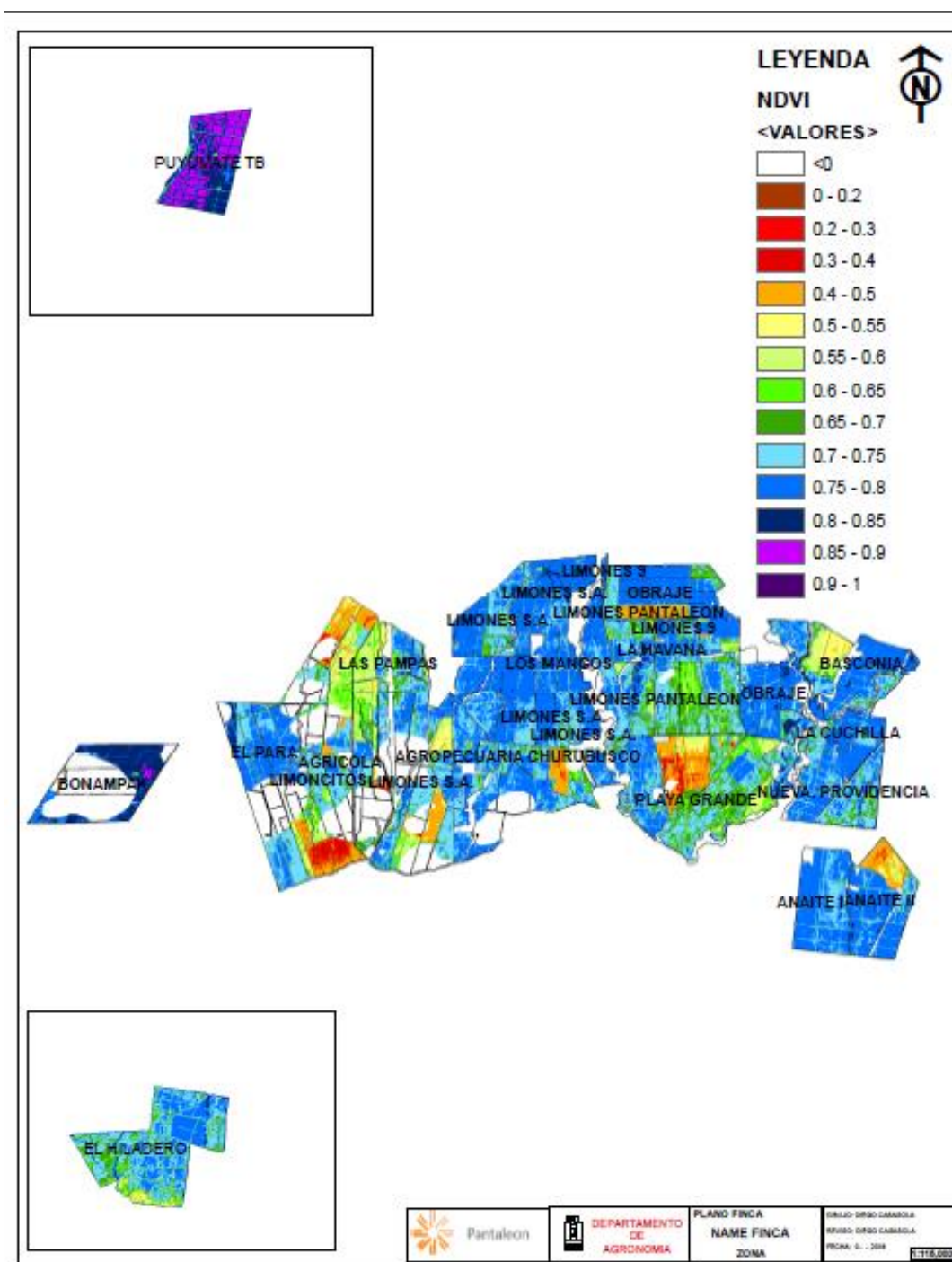


7. Se realiza el mapa de la zona de interés



En esta actividad se tomarán en cuenta la órbita del satelital de Landsat 8, su duración al término de su ciclo es a cada 5 días.

Anexo 6. Formato de mapeo para los índices realizados



Anexo 5. Arreglo y diseño de las líneas de surco en el sistema RTK .



