



**FACULTAD DE POSTGRADO**

**TESIS DE POSTGRADO**

**IMPLEMENTACIÓN DE DRONES AGRÍCOLAS EN EL ÁREA  
PRODUCTIVA DE INDUSTRIAS OLANCHANAS S.A.**

**SUSTENTADO POR:**

**MARÍA JOSÉ BUSTILLO MORÁN**

**MARIO ROBERTO ALVARADO VELÁSQUEZ**

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE:**

**MÁSTER EN DIRECCIÓN EMPRESARIAL**

**TEGUCIGALPA, F.M.**

**HONDURAS, C.A.**

**ABRIL, 2020**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**UNITEC**

**FACULTAD DE POSTGRADO**

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**RECTOR**

**MARLON ANTONIO BREVÉ REYES**

**SECRETARIO GENERAL**

**ROGER MARTÍNEZ MIRALDA**

**VICERRECTOR ACADÉMICO**

**DESIREE TEJADA CALVO**

**IMPLEMENTACIÓN DE DRONES AGRÍCOLAS EN EL ÁREA  
PRODUCTIVA DE INDUSTRIAS OLANCHANAS S.A.**

**TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS  
REQUISITOS EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE:**

**MÁSTER EN DIRECCIÓN EMPRESARIAL**

**ASESOR:**

**TANIA MARLENE LOPÉZ MEDINA**

**MIEMBROS DE LA TERNA:**

**LILA RIVERA CRUZ**

**JUAN SOLANO MENDEZ**

**JORGE CENTENO SARMIENTO**

# **DERECHOS DE AUTOR**

© Copyright 2020

María José Bustillo Morán

Mario Roberto Alvarado Velásquez

Todos los derechos son reservados.



## **FACULTAD DE POSTGRADO**

# **IMPLEMENTACIÓN DE DRONES AGRÍCOLAS EN EL ÁREA PRODUCTIVA DE INDUSTRIAS OLANCHANAS S.A.**

## **NOMBRE DE LOS MAESTRANTES:**

**MARÍA JOSÉ BUSTILLO MORÁN**  
**MARIO ROBERTO ALVARADO VELÁSQUEZ**

### **Resumen**

En la presente investigación se identificaron y analizaron las variables de tiempo y precisión de las aplicaciones de productos de fumigación, en el proceso de control de plagas y enfermedades de la empresa Industrias Olanchanas S.A.; así como también su efecto en los costos de producción en la cadena productiva bajo los métodos de irrigación actuales y el método de dron agrícola; se utilizaron diferentes herramientas y técnicas para analizar la influencia y relación de las variables como ser observación directa del proceso, diagramas de flujo y de causa-efecto, con el apoyo de fuentes secundarias como investigaciones científicas y documentos claves de la empresa. En base a los resultados se describe la propuesta de aplicación de drones agrícolas al proceso, con las conclusiones de la investigación, finalizando con recomendaciones y consejos.

**Palabras claves:** Agricultura, Drones Agrícolas, Fumigación, Agricultura de Precisión, Productividad.



## **GRADUATE SCHOOL**

# **IMPLEMENTATION OF AGRICULTURAL DRONES IN THE PRODUCTIVE AREA OF INDUSTRIAS OLANCHANAS S.A.**

## **STUDENT NAMES:**

**MARÍA JOSÉ BUSTILLO MORÁN**

**MARIO ROBERTO ALVARADO VELÁSQUEZ**

### **Abstract**

In the present investigation, were analyzed the variables of time and precision for the applications of fumigation products' in the process of pest and disease control of the company Industrias Olanchanas SA, where were identified and analyzed, as well as their impact on the production costs in the productive chain under current irrigation methods and agricultural drone method; different tools and techniques were used to analyze the influence and relation of the variables such as direct observation of the process, flow diagrams as cause-effect diagram as well, with the support of secondary sources such as scientific research and key company documents. Based on the results, the proposed of application with agricultural drones to the process is described, with the conclusions of the investigation, ending with recommendations and advices for the process.

**Key words:** Agriculture, Agricultural Drones, Fumigation, Precision Agriculture, Productivity.

## **DEDICATORIA**

A Dios, por permitirnos lograr con éxito la culminación de nuestros estudios.

A nuestra familia, por su amor, consejos, por su apoyo y comprensión en este proceso de preparación y en el diario vivir.

Y a nosotros mismos, por nuestra perseverancia, voluntad y disciplina para culminar una nueva y ansiada meta.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la empresa Industrias Olanchanas S.A. por permitirnos realizar la presente tesis en sus procesos y habernos abierto las puertas de sus instalaciones para proporcionar toda la información requerida.

A la Escuela El Sembrador, por brindar información clave y por realizar su labor de formación en los jóvenes de la región.

A la universidad, por proporcionar las herramientas y conocimientos necesarios y formarnos como los profesionales de éxito que aspiramos a ser.

A la Dr. Tania López por su orientación y apoyo en el proceso de elaboración de la presente investigación a través de sus conocimientos y experiencia.

A la Lic. Guadalupe Segovia, por su apoyo y guía en la construcción del documento.

## INDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Introducción .....	1
1.2. Antecedentes del problema.....	2
1.2.1. Plagas y enfermedades en el agro hondureño .....	3
1.2.2. Aplicación de tecnologías de precisión en América Latina.....	4
1.3. Definición del problema .....	5
1.3.1. Enunciado del problema .....	5
1.3.2. Formulación del problema.....	7
1.4. Objetivos del proyecto .....	8
1.4.1. Objetivo general.....	8
1.4.2. Objetivos específicos .....	8
1.5. Variables de estudio.....	9
1.5.1. Declaración de variables .....	9
1.5.2. Diagrama sagital .....	10
1.6. Justificación .....	10
1.7. Delimitación de la investigación.....	12

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO .....	13
2.1. Análisis de la situación actual.....	14
2.1.1. Análisis de macro-entorno .....	16
2.1.1.1. Argentina y la agricultura de precisión.....	16
2.1.1.2. Bolivia y la agricultura de precisión.....	18
2.1.1.3. Brasil y la agricultura de precisión .....	19
2.1.1.4. Chile y la agricultura de precisión .....	19
2.1.1.5. Paraguay y la agricultura de precisión .....	20
2.1.1.6. Uruguay y la agricultura de precisión.....	20
2.1.1.7. El uso de drones en el resto de países.....	21
2.1.1.8. Indicadores de captura fotográfica en drones agrícolas.....	23
2.1.2. Análisis del micro-entorno.....	25
2.1.2.1. El cambio climático y la agricultura .....	25
2.1.2.2. Aplicación de drones agrícolas .....	27
2.1.3. Análisis interno .....	27
2.1.3.1. Descripción de la empresa .....	27
2.1.3.2. Misión .....	28

2.1.3.3. Visión.....	28
2.1.3.4. Análisis FODA .....	28
2.2. Teoría de sustento .....	29
2.2.1. Administración de la producción.....	29
2.2.1.1. Variables de productividad .....	30
2.2.2. Administración de las operaciones y suministros (AOS) .....	30
2.3. Conceptualización.....	32
<b>CAPITULO III. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>34</b>
3.1. Congruencia metodológica .....	34
3.1.1. Matriz metodológica .....	34
3.1.2. Operacionalización de las variables.....	35
3.2. Enfoque y métodos .....	36
3.2.1. Enfoque de la investigación.....	36
3.2.2. Método de la investigación .....	37
3.3. Diseño de la investigación .....	37
3.3.1. Unidad de análisis .....	37
3.3.2. Población .....	38

3.3.3. Muestra .....	39
3.4. Técnicas e instrumentos aplicados.....	39
3.4.1. Instrumentos.....	39
3.4.1.1. Entrevistas semi-estructuradas y personales.....	39
3.4.1.2. Observación directa .....	40
3.4.2. Técnicas .....	40
3.5. Fuentes de información.....	41
3.5.1. Fuentes primarias .....	41
3.5.2. Fuentes secundarias .....	41
<b>CAPITULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....</b>	<b>42</b>
4.1. Antecedentes de la empresa.....	42
4.2. Proceso actual .....	43
4.2.1. Herramientas del proceso actual .....	43
4.2.2. Mano de obra .....	45
4.2.3. Diagrama de flujo del proceso de fumigación actual .....	46
4.2.4. Costos de operativos de fumigación 2019 .....	47
4.2.5. Suelo objetivo .....	48

4.2.6. Aplicaciones actuales de los productos .....	49
4.3. Método de medición a ser aplicado .....	49
4.4. Análisis de las variables del método actual .....	50
4.4.1. Análisis del tiempo de las aplicaciones .....	50
4.4.2. Análisis de la precisión de las aplicaciones .....	54
4.4.3. Análisis del costo .....	59
4.5. Análisis de las variables con el dron agrícola como método .....	64
4.5.1. Análisis de tiempos del método propuesto .....	67
4.5.2. Análisis de la precisión del método propuesto .....	70
4.5.3. Análisis de costos del método propuesto .....	72
4.6. Análisis causales de variables del método actual .....	73
4.6.1. Análisis de las variables desde sus causas y efectos.....	73
4.6.2. Análisis de las variables desde sus indicadores .....	76
4.7. Propuesta de mejora.....	76
4.7.1. Objetivos de la propuesta.....	76
4.7.2. Estrategias para la puesta en marcha de la propuesta .....	77
4.7.3. Beneficios de la implementación de la propuesta.....	77

4.7.4. Implementación de los cambios.....	78
4.7.4.1. Cronograma de implementación.....	78
4.7.5. Detalle de los cambios a realizar .....	80
4.7.5.1. Nuevo esquema en el proceso de fumigación.....	80
4.7.5.2. Nuevo diagrama de flujo.....	82
4.7.6. Análisis de la inversión.....	83
4.7.6.1. Inversión inicial .....	83
4.7.6.2. TIR y VAN de la propuesta .....	83
<b>CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>85</b>
5.1. Conclusiones de la investigación.....	85
5.2. Recomendaciones .....	86
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>87</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>94</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Alimentos para vacas con tratamiento .....	6
Tabla 2. Tabla de pago para el proceso de fumigación. ....	45
Tabla 3. Costos de inversión en el proceso de fumigación 2019. ....	47
Tabla 4. Fórmula de fumigación por método de fumigación. ....	49
Tabla 5. Resultados en tiempos de aplicación y alcance de terreno objetivo. ....	51
Tabla 6. Promedios de resultados en tiempos de aplicación y alcance de terreno objetivo.....	53
Tabla 7. Precios de venta de Insumos Agrícolas.....	55
Tabla 8. Resultados en precisión de la aplicación y alcance de terreno objetivo. ....	56
Tabla 9. Promedios de costos por método de fumigación. ....	59
Tabla 10. Costos subtotales de fumigación de la observación.....	60
Tabla 11. Otros costos operativos actuales .....	63
Tabla 12. Costos totales de fumigación. ....	64
Tabla 13. Especificaciones de drones agrícolas.....	65
Tabla 14. Análisis de tiempos de aplicación con drones agrícolas.....	68
Tabla 15. Influencia del tiempo en los costos de producción.....	69

Tabla 16. Comparativo de inversión en mano de obra.....	69
Tabla 17. Análisis de precisión de las aplicaciones con dron agrícola. ....	70
Tabla 18. Influencia de la precisión de las aplicaciones en los costos de producción.....	71
Tabla 19. Comparativo de inversión en producto. ....	71
Tabla 20. Costos del método propuesto. ....	72
Tabla 21. Detalle de ahorro por proceso de fumigación.....	73
Tabla 22. Detalle de inversión inicial de propuesta.....	83
Tabla 23. Análisis de la inversión. ....	84

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de variables dependientes e independientes .....	9
Figura 2. Diagrama sagital de variables dependientes e independientes .....	10
Figura 3. Ciclo completo de la agricultura de precisión. ....	15
Figura 4. Adopción de las herramientas de la agricultura de precisión en Argentina.....	17
Figura 5. Adopción de las herramientas de agricultura de precisión en Santa Cruz, Bolivia. ....	18
Figura 6. Tamaño del mercado de los drones.....	21
Figura 7. Detalle de imagen RGB. ....	23
Figura 8. Detalle de imagen CIR.....	24
Figura 9. Detalle de imagen NDVI sobre CIR. ....	25
Figura 10. Mapa de población mayor de 15 años que se emplea en la agricultura. ....	26
Figura 11. Análisis FODA de Industrias Olanchanas, S.A. ....	28
Figura 12. Fases del proceso cuantitativo. ....	36
Figura 13. Organigrama del área productiva de Industrias Olanchanas S.A. ....	38
Figura 14. Bomba de mochila o mochila para fumigar.....	43
Figura 15. Motobomba.....	43
Figura 16. Bum con tractor. ....	44

Figura 17. Bum autopropulsado.....	44
Figura 18. Costos de operación del método actual.....	62
Figura 19. Drone agrícola: AGRAS MG 1P .....	66
Figura 20. Drone agrícola: DJI AGRAS T16.....	66
Figura 21. Diagrama de causa-efecto costos de producción y mejora de la cadena. ....	75
Figura 22. Cronograma de implementación de la mejora. ....	79
Figura 23. Formato de control de operación en campo de aplicación.....	81

## INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Ecuación de la productividad según la administración de la producción. ....	29
Ecuación 2. Ecuación de la productividad según la administración de operaciones.....	30
Ecuación 3. Ecuación para el cálculo del periodo de recuperación de una inversión. ....	31

# CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

## 1.1. Introducción

En la presente investigación se expone la imprecisión de los métodos aplicativos actuales de los productos para el control de plagas y enfermedades en la cadena de producción de Industrias Olanchanas S.A.; esta falta de precisión consiste en una dosificación insuficiente de plaguicidas y fungicidas, y la descoordinación de los rangos de tiempos que utilizan las aplicaciones; trayendo consigo efectos negativos en la uniformidad de la aplicación y una baja productividad en el alcance del suelo objetivo, que a su vez elevan los costos del proceso productivo.

De esta manera surge la propuesta de implementar vehículos no tripulados para actividades agrícolas como una alternativa de aplicación, haciendo uso de la tecnología, permitiendo mejorar los tiempos y las aplicaciones del producto. Esta innovación trabajará directamente en la optimización de recursos, elevando la eficiencia en costos y la productividad del proceso de control de plagas, tomando la precisión, el tiempo y los costos como las variables de importancia en la cadena de producción.

En el capítulo número uno, se explica el problema raíz de la investigación y sus antecedentes; así como también la visión general de la investigación y cuál es el enlace que tienen los objetivos planteados tanto general como específicos; la delimitación de la investigación en conjunto con las variables dependiente e independientes que se evalúan en el estudio del problema y las preguntas centrales de la investigación.

En el capítulo número dos, se plantean las características de la situación actual en el sector agrícola y la aplicación de herramientas tecnológicas en sus procesos, con una explicación del entorno desde un punto de vista macro y micro; que incluyen las teorías de sustento aplicables para el correcto análisis del problema de investigación, que son respaldadas por opiniones y el conocimiento de expertos; así como también, se brinda una perspectiva dentro de la empresa Industrias Olanchanas S.A.

En el capítulo número tres, se determina la implementación de procedimientos que permiten alcanzar los objetivos planteados y que a su vez exponen la metodología de la investigación estableciendo el enfoque, alcance y diseño de la investigación; se definen las variables dependientes e independientes en conjunto con su conceptualización e indicadores de medición que buscan la relación con los objetivos y preguntas de investigación; las técnicas de apoyo y fuentes para la obtención de la información.

En el capítulo número cuatro, se revisan los antecedentes de la empresa por medio del proceso actual y sus principales características; se revisan los métodos de medición que han sido aplicados en la investigación y se realiza un análisis para cada variable de estudio, determinando su influencia sobre el método actual y sobre los costos de producción; también se estructura una propuesta de mejora con la aplicación de drones agrícolas que incluye los objetivos a lograr, incluyendo los beneficios de su implementación, los cambios necesarios y estrategias a implementar para su puesta en marcha; así como un cronograma para la implementación de los cambios que faciliten su aplicabilidad, sin dejar a un lado el análisis de la inversión por medio de indicadores como el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

En el capítulo número cinco, se exponen las conclusiones de la investigación brindando respuesta a cada objetivo específico planteado para las variables, en conjunto con las recomendaciones y consejos que se brindan con base a los fenómenos observados, y resultados obtenidos en el periodo de investigación y observación de los procesos.

## 1.2. Antecedentes del problema

En una investigación titulada “Innovaciones que no sabías que eran de América Latina y el Caribe por Agro-Tech” se mencionan cuáles son las implicaciones económicas que se deben considerar para la contratación de un agricultor u operario de maquinaria para fumigación y cómo esto puede encarecer la mano de obra; haciendo énfasis en las obligaciones laborales y las coberturas hospitalarias obligatorias para con el trabajador. Y propone el uso de la tecnología de precisión o drones agrícolas como una opción atractiva, de menor costo y que además hace más eficientes las aplicaciones en fumigaciones; erradicando los riesgos de salud para los trabajadores, quienes ya no tendrán contacto con los químicos (BID, 2017).

Por otra parte, la precisión en la utilización de los recursos y brindar una rápida respuesta ante el apareamiento de plagas y enfermedades en los cultivos, pueden representar un nuevo factor de motivación para las empresas y los emprendimientos agrícolas en la adquisición de nuevas tecnologías de apoyo; brindando una ventana de respuesta ágil e importante ante las necesidades de la demanda que requieren de alimentos o materias primas de calidad y a tiempo para sus productos finales. Los drones o vehículos no tripulados permiten el uso de volúmenes exactos de producto en relación con los medios de aplicación tradicionales, de los cuales resultan desperdicios de producto y necesitan apoyo de otros métodos para realizar aplicaciones uniformes que garanticen la calidad de las dosificaciones, así lo menciona Di Leo (2015) en un artículo de divulgación sobre el manejo de tierras.

Con los drones agrícolas o vehículos aéreos agrícolas no tripulados, se garantiza una aplicación óptima de cantidad de agua y productos en el lugar donde realmente lo necesite el determinado cultivo. El uso de este tipo de tecnología está siendo aplicado a la mayoría de los cultivos de manera exitosa y confiable (Bustamante, Sánchez, Pérez, & Flores, 2017).

También, en un reciente estudio Giovanni Acosta y Carlos Mendoza (2017) resaltan que la implementación de drones agrícolas en el sector productivo trae como resultado la alta reducción de los costos de aplicación frente a otras técnicas convencionales y poco eficientes, siendo lo que permiten poder desarrollar esta alternativa que conlleva el tener mejores resultados productivos y mejores opciones como herramientas de tecnología de precisión. La implementación de este tipo de vehículos aéreos no tripulados es parte de la innovación de la agricultura de precisión y avanzada tecnología.

A continuación, se presentan dos antecedentes como caso de la presente investigación:

#### 1.2.1. Plagas y enfermedades en el agro hondureño

Las enfermedades en los cultivos causan grandes pérdidas para el sector anualmente, lo que exige la anticipada preparación en la prevención de hongos y parásitos con químicos y técnicas agrícolas. El territorio hondureño cuenta con variadas características climáticas y con una amplia gama de artrópodos, lo que aumenta la vulnerabilidad de los cultivos al desarrollo de nuevas plagas.

Según la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA, 2019) “En el 2018 en la Clínica de Diagnostico de FHIA, se detectaron en cuatro cultivos del país nuevas enfermedades que representan amenazas actuales o potenciales a la producción de dichos cultivos (...)” (p. 1).

El desarrollo rápido de enfermedades con nuevas características, impulsa la necesidad de mantener la información entre los agricultores del país, y direcciona a buscar herramientas o métodos con tiempos de respuesta ágiles, precisos y aumentando la organización logística que se basa en la preparación del suelo y la capacidad de cobertura sobre los terrenos en un menor tiempo.

Tal como lo indica la FHIA (2019), el Centro Experimental y Demostrativo de Horticultura (CEDEH) está desarrollando en Honduras espacios donde expertos, agricultores y demás interesados, pueden exponer sus experiencias con el manejo de plagas y enfermedades para enriquecer sus conocimientos con métodos y herramientas tecnológicas que apoyen en la innovación de sus procesos. También en el sector agrícola se están organizando constantes conferencias en las que participan expertos y empresas de tecnología, que comprenden la importancia del manejo de enfermedades en los cultivos, y que proponen el uso tecnología de precisión con herramientas como los drones agrícolas.

### 1.2.2. Aplicación de tecnologías de precisión en América Latina

El uso de drones agrícolas comienza a surgir en el sector agro de Honduras a partir del 2015, y presenta un mayor desarrollo en países del cono sur como Ecuador y Argentina donde su aplicabilidad está siendo desarrollada en diferentes etapas de la cadena productiva del agro; siendo sus hallazgos de aplicabilidad más extensos, tal como lo señala el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2017).

(Di Leo, 2015) En un estudio por la Universidad Nacional de Rosario resalta que uno de los usos que han sido descubiertos para los drones agrícolas se encuentra la “Supervisión de áreas tratadas con productos fitosanitarios: el drone puede entrar al cultivo que ha sido recientemente pulverizado y verificar si el control de las plagas ha sido adecuado, sin riesgos para la salud de ninguna persona” (p. 14).

La versatilidad de los drones agrícolas en países latinoamericanos, ha impulsado la explotación de terrenos extensos destinados para el cultivo; olvidando las complicaciones de plagas causadas por el clima tropical en las diferentes estaciones del año.

Monitoreo y detección ajustada de enfermedades, malezas y plagas insectiles: en este aspecto el empleo de drones promete incidir decisivamente en esta tarea, que se torna crítica e intensa en determinados momentos del año. El uso de drones permitiría controlar una mayor superficie de cultivos con similar cantidad. (Di Leo, 2015, p. 13)

### 1.3. Definición del problema

En esta sección se expone el fundamento de la problemática a investigar en su entorno actual; que influye directamente al área productiva en el proceso de control de plagas y enfermedades de la empresa Industrias Olanchanas S.A.; analizando consigo las variables que influyen directamente en el problema.

#### 1.3.1. Enunciado del problema

Industrias Olanchanas S. A., es una empresa perteneciente a la Escuela El Sembrador, con sede en la ciudad de Catacamas, en el departamento de Olancho. Industrias Olanchanas S.A. se dedica a la producción de leche y venta de animales de alto valor genético, basando sus procesos en la aplicación de altos estándares de inocuidad y cría de animales. También en su cadena productiva de alimento, precisa obtener cosechas de maíz balanceado para la elaboración de raciones de alimento, a través de métodos que impulsen el valor del animal con calidad y eficiencia en costos.

La producción específica del cultivo de maíz en la cadena de alimento, representa un porcentaje de participación en la alimentación del 90.48% sobre el total de inversión en otros alimentos que consumen los animales (*ver tabla 1*); lo que realza la importancia del maíz en las raciones balanceadas de alimentación para la obtención de terneros y vacas con alto valor genético. La producción de leche está estrechamente relacionada con la alimentación que ha recibido el animal en su ciclo de vida, por lo que las mezclas de comida balanceadas se convierten en cualidad de vital importancia para la correcta evolución de los animales.

La plantación de los cultivos de maíz necesita de una organización logística que considere la preparación del suelo, la elección de métodos de fertilización, el manejo técnico agronómico y el conocimiento agrícola con el fin de desarrollar un cultivo de objetivo final, con las aplicaciones de productos químicos (fungicidas y plaguicidas) que requieren los cultivos y la recolección del producto.

**Tabla 1. Alimentos para vacas con tratamiento**

Ingredientes	Cantidad de vacas	Cantidad libras por vaca	Cantidad total / libras por día	Participación por tipo de alimento
Heno	26	2.5	65	5.95%
Maíz molido		8	208	19.05%
Mezcla		0.5	13	1.19%
Silo de maíz		30	780	71.43%
Soya		1	26	2.38%
Rumensin (gramos)		0	0	0.00%
Mejorador de pezuñas (gramos)		0	0	0.00%
<u>Totales</u>			<u>42</u>	<u>1.092</u>

Fuente: Industrias Olanchanas S.A.

Las aplicaciones de productos para el control de plagas y enfermedades se efectúan de forma tradicional utilizando fuerza de mano de obra, a través de una bomba de mochila, motobomba, bum halado por tractor y bum autopropulsado, los que se caracterizan por:

- a. Cobertura heterogénea de los terrenos y desperdicio de productos.
- b. Tiempos de respuesta tardíos para la mitigación de plagas.
- c. Tiempos de cobertura lentos y aumento en el costo de mano de obra.

Los métodos actuales pueden permitir el avance de las enfermedades a un estado de pérdida de las siembras, atrasos en los tiempos de cosecha, mala alimentación de los animales y afectación en los rendimientos del proceso productivo; creando un efecto económico negativo para la empresa, resultando en baja productividad. Es aquí donde se propone investigar el papel de las variables y estructurar plan de mejora en la cadena de producción, para el proceso de control de plagas y enfermedades, por medio del uso de tecnología.

### 1.3.2. Formulación del problema

Tal como lo expresa (Evangelista, 2010) “Un buen planteamiento del problema nos permitirá orientar la investigación, precisar las variables a analizar, conocer el grupo con el que se pretende trabajar, determinar los objetivos y, en un momento dado, redactar coherentemente los resultados” (pág. 194).

En base al antecedente del problema y su fundamento, se establece la siguiente formulación del problema:

¿Cómo influye el tiempo en las aplicaciones de los productos para fumigación en los suelos objetivos con los métodos actuales, qué influencia tiene la precisión actual de las dosificaciones de plaguicidas y fungicidas en los costos de producción y cuál será el efecto que tendrá la implementación de drones agrícolas en el proceso de control de plagas y enfermedades en el área productiva de Industrias Olanchanas S.A.?

#### Preguntas de investigación

Las preguntas de investigación orientan las respuestas que se están buscando en base al tema de investigación, ya que al hacerlo por medio de una pregunta se elimina la ambigüedad y la distorsión (Hernández Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2010).

Las preguntas de investigación planteadas para esta investigación son las siguientes:

¿Qué papel juega el tiempo de los métodos actuales de aplicación de plaguicidas y fungicidas en el costo de producción del proceso de control de plagas y enfermedades para la implementación de drones agrícolas en el área productiva de Industrias Olanchanas S.A.?

¿Cuál es la influencia de la precisión actual en las dosificaciones de plaguicidas y fungicidas en el costo de producción del proceso de control de plagas y enfermedades para la implementación de drones agrícolas en el área productiva de Industrias Olanchanas S.A.?

¿Cuál es el efecto en los costos de producción que se esperan con la implementación de drones agrícolas en el proceso de control de plagas y enfermedades en el área productiva de Industrias Olanchanas S.A.?

#### 1.4. Objetivos del proyecto

Se espera por medio del planteamiento correcto de los objetivos brindar una estructura de enfoque a la investigación clara y precisa en cuanto hacia qué información apuntar los esfuerzos de análisis.

##### 1.4.1. Objetivo general

Analizar qué tipo de influencia tendrá la implementación de drones agrícolas en los costos de fumigación; identificando la influencia de los métodos de fumigación actuales en cuanto a los tiempos de aplicación como también a la precisión aplicativa de los mismos y de qué manera influyen en los costos de producción del proceso de control de plagas y enfermedades en el área productiva de Industrias Olanchanas S.A.

##### 1.4.2. Objetivos específicos

1. Determinar la influencia del tiempo de los métodos actuales de aplicación de plaguicidas y fungicidas en el costo de producción del proceso de control de plagas y enfermedades para la implementación de drones agrícolas en el área productiva de Industrias Olanchanas S.A.
2. Describir la influencia de la precisión de los métodos actuales en las dosificaciones de plaguicidas y fungicidas en el costo de producción del proceso de control de plagas y enfermedades para la implementación de drones agrícolas en el área productiva de Industrias Olanchanas S.A.
3. Establecer el efecto en los costos de producción que se esperan con la implementación de drones agrícolas en el proceso de control de plagas y enfermedades en el área productiva de Industrias Olanchanas S.A.

## 1.5. Variables de estudio

Tal como lo indica (Hernández Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2010) “La variable independiente es la que se considera como supuesta causa en una relación entre variables, es la condición antecedente, y al efecto provocado por dicha causa se le denomina variable dependiente (consecuente)” (pág. 122).

A continuación, se describe la variable dependiente y las variables independientes que se encuentran vinculadas con el tema de investigación.

### 1.5.1. Declaración de variables

Variable dependiente:

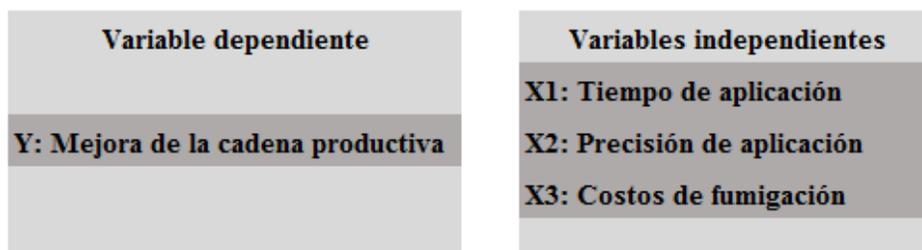
Y: Mejorar la cadena de producción (proceso de control de plagas y enfermedades)

Variables independientes:

X1: El tiempo de las aplicaciones de los métodos actuales de fumigación.

X2: La precisión de las aplicaciones de los métodos actuales de fumigación.

X3: El efecto de los costos con implementación de drones agrícolas en el proceso de fumigación.



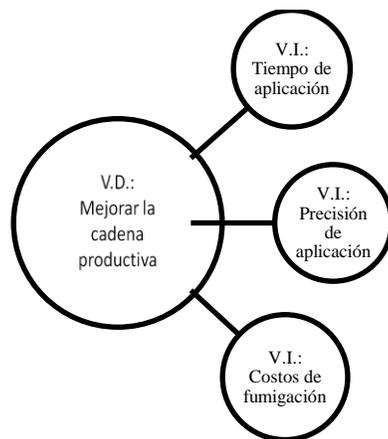
**Figura 1. Diagrama de variables dependientes e independientes**

Fuente: Elaboración propia.

### 1.5.2. Diagrama sagital

(Rivas Tovar, 2015) Explica que un diagrama sagital “Es un esquema comprensivo que establece la relación que existe entre las variables bajo estudio. En él se especifican, de una manera muy general, las principales causas que determina el fenómeno a estudiar” (pág. 111).

A continuación, el diagrama sagital de las variables definidas para esta investigación:



**Figura 2. Diagrama sagital de variables dependientes e independientes**

Fuente: Elaboración propia.

### 1.6. Justificación

(Hernández Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2010) Explican que:

Una investigación llega a ser conveniente por diversos motivos: tal vez ayude a resolver un problema social, a construir una nueva teoría o a generar nuevas inquietudes de investigación. (...) es posible establecer criterios para evaluar la utilidad de un estudio propuesto, los cuales, evidentemente, son flexibles y de ninguna manera exhaustivos. (pág. 40)

La justificación de esta investigación se basa en los criterios por conveniencia, ya que como lo explican Luciana y Andrés Moltoni (2015) al producirse un cambio en alguna variable de la producción, del mercado o se introduce tecnología al proceso de producción, con tecnología tal como lo son los drones ya sea para el relevamiento de datos o la aplicación en sitio con una cantidad

específica de insumos, produce variaciones en los márgenes financieros debido a las modificaciones en las utilidades y los costos; siendo identificar y cuantificar estas variaciones, el objetivo del análisis al momento de implementar estas tecnologías. En las variaciones de los costos se le pueden atribuir la variación de cantidad de insumos, disminución, aumento de capacitaciones, entre otros.

Es por ello que con esta investigación se pretende mejorar los rendimientos de precisión, tiempo y aspectos financieros de Industrias Olanchanas S.A. brindando eficiencia en el proceso de producción, analizando la influencia del tiempo y la precisión de las aplicaciones del método actual de control de plagas y enfermedades.

Esta investigación conlleva relevancia social ya que el uso de drones agrícolas viene a generar una influencia en el ámbito económico de la comunidad de Olancho, cómo también en el ámbito de la modernización y la innovación agrícola de la región oriente del país. La implementación de este tipo de herramienta permite desarrollar un marco económico de sostenibilidad productiva y de mayor rentabilidad. Y permitirá que el uso de la tecnología agrícola, sean de influencia y de alcance ante los productores de la región, facilitando un manejo técnico efectivo y confiable. La alternativa de uso de este tipo de tecnología ayudará a la sociedad, de manera que despejará la duda que es una herramienta alterna para la obtención de mayor utilidad y generar mayor ritmo de productividad. Su aporte ayudará al tener un nuevo concepto socioeconómico de rentabilidad viable en el aporte técnico y de mercado.

Dentro de las implicaciones prácticas de esta investigación, se encuentra que en la actualidad los cultivos son bastante susceptibles a plagas y enfermedades que tienen relación con la poca agilidad en el tiempo de respuesta para la erradicación de la plaga en el cultivo (FHIA, 2019), y que a raíz de ello, se están creando alternativas mucho más viables, innovadoras y mucho más efectivas para el efecto de un buen control a tiempo de las plagas y enfermedades; para así generar mayor productividad en el proceso productivo de los cultivos, realizar un uso consciente de los recursos, disminuir los tiempos de las fumigaciones y así mismo generar una rentabilidad satisfactoria.

Esta investigación proporciona un valor teórico y de utilidad metodológica ya que llenará un vacío de información en cuanto a la aplicabilidad de la tecnología de drones agrícolas en el agro hondureño; también reforzará una pauta para la aplicación de drones agro en otras empresas ubicadas en el departamento de Olancho, que se caracteriza como un centro de negocios agrícolas para el país, lo cual aumenta las posibilidades de reproducir la aplicación del nuevo método en el corazón del sector agro. De esa manera se podrán desarrollar herramientas que faciliten el control de los parámetros que pueden ser siempre de alternativas viables para los proyectos de producción agrícola.

### 1.7. Delimitación de la investigación

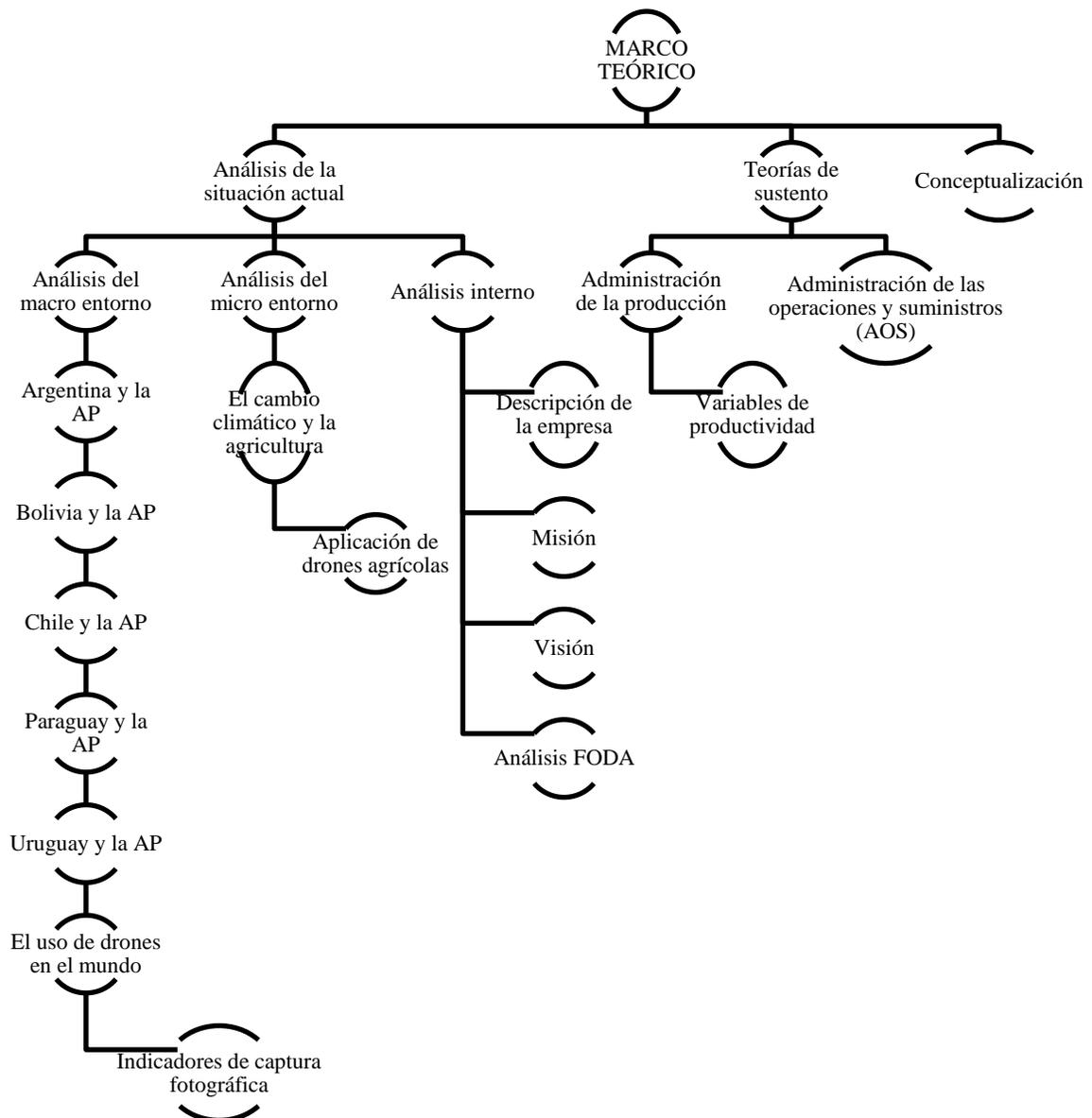
El presente estudio se orienta en conocer la influencia del tiempo, la precisión y los costos con los métodos actuales de fumigación, para establecer un plan de mejora del proceso de control de plagas y enfermedades por medio del uso de vehículos aéreos no tripulados o drones agrícolas, permitiendo establecer una alternativa más eficiente del proceso para alcanzar rendimientos altos y de satisfacción.

Los alcances y delimitaciones de la investigación se concentran en los lotes agrícolas productivos de la empresa Industrias Olanchanas S.A., ubicada en la ciudad de Catacamas, departamento de Olancho.

## CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se analiza la situación actual desde un aspecto macro, micro e interno en cuanto a la implementación de tecnología en la agricultura, con una explicación de las teorías que sustentan la investigación y descripción de conceptos relevantes. Es importante la familiarización con el termino agricultura de precisión (AP), la cual es explicada por (Barioglio, 2006) cómo “la automatización de cultivos con el apoyo de herramientas tecnológicas para la recopilación de información e inclusive para hacer un uso más eficiente de los insumos” (p. 31).

A continuación, la construcción de este capítulo:



## 2.1. Análisis de la situación actual

“La agricultura es uno de los principales motores económicos del medio rural que, con el paso del tiempo y la aparición de mercados competitivos, requiere de innovación y mejora de la producción de sus productos” (Martinez Cebrian & Casterad, 2012, p. 126).

(Bongiovanni, Mantovani, Best, & Roel, 2006) Afirman que:

Para ello, a partir de la década de los setentas, se comenzó a delinear un nuevo concepto de agricultura con los estudios sobre automatización de máquinas agrícolas. En forma complementaria, a fines de la década del ochenta y comienzos de la década de los noventa, con la liberación del sistema de posicionamiento global por satélite (GPS) para uso civil, fue posible desarrollar equipos inteligentes que permitieron el manejo localizado de las prácticas agrícolas, con una mayor eficiencia de aplicación de insumos, reduciendo el impacto sobre el medio ambiente y, en consecuencia, disminuyendo los costos de la producción de alimentos. A ese conjunto de procesos y sistemas aplicados se los denomina Agricultura de Precisión (AP). (p. 15)

(Bongiovanni, Mantovani, Best, & Roel, 2006) También indican que:

La adopción de la agricultura de precisión, no solamente como utilización de tecnologías de información, sino como concepto, es un potencial para la racionalización del sistema de producción agrícola moderno como consecuencia de: optimización de la cantidad de agroquímicos aplicados en los suelos y cultivos; consecuente reducción de los costos de producción y de la contaminación ambiental; y mejora de la calidad de las cosechas. (p. 20)

La agricultura de precisión proporciona la capacidad de recopilar, interpretar y aplicar información específica de las explotaciones, transformando datos e información en conocimiento y rentabilidad. Estos sistemas no solo posibilitan una gestión agronómica más eficaz, sino que además permiten aumentar la precisión de las labores y la eficiencia de los equipos (García & Flego, 2008, p. 102) (*ver fig. 3*).



**Figura 3. Ciclo completo de la agricultura de precisión.**

Fuente: (García & Flego, 2008).

De la agricultura de precisión (AP) nace la idea de la implementación de drones para las labores agrícolas. Los drones o VANT (vehículos aéreos no tripulados) tal como lo explica Torres Sanchez, Peña Barragan, Castro Megias y Lopez Granados (2013) estos son aviones o multirrotores ya que su construcción se destaca por esta cualidad, y que son controlados de forma remota o autónoma que siguen una línea de vuelo programada, operando fuera del sistema de navegación interno.

(Viviana, Jemay, & Diego, 2015) Explican que:

Los UAV o unmanned aerial vehicle, fueron desarrollados inicialmente por el ejército americano y la capacidad de controlarlos a grandes distancias no era muy sofisticada, de tal forma que los primeros drones volaban por senderos pre-establecidos, operando fuera del sistema de navegación interno, lo que condujo a denominar dron a cualquier máquina que vuela sin control humano. (p. 31)

De igual forma Veroustraete (2015) coincide al aseverar que los vehículos aéreos no tripulados o los llamados drones han sido utilizados por los militares desde la Primera Guerra Mundial para realizar vigilancia. Tras estos avances tecnológicos, científicos, en los últimos años los agricultores comenzaron a utilizar drones agrícolas para monitorear sus campos, así como para ayudar a los programas de agricultura moderna de precisión.

Para el desarrollo de un análisis completo de la situación de la agricultura de precisión (AP) en conjunto con la aplicación de drones en el sector agrícola, es necesario ahondar en un escenario a nivel macro para la comprensión de aplicación y evolución de estos términos en el mundo, así como también un análisis a nivel micro, para identificar su comportamiento en Honduras.

### 2.1.1. Análisis de macro-entorno

La agricultura de precisión (AP) llegó con fuerza en el cono sur del continente americano, tomando como principales actores los países de la región, estableciéndose como una estrategia tecnológica que abre una nueva ventana de innovación.

#### 2.1.1.1. Argentina y la agricultura de precisión

En el cono sur, Argentina se posiciona como uno de los primeros países en conocer las aplicaciones de la agricultura de precisión al inicio de la década de los noventa.

La difusión de la agricultura de precisión en Argentina comenzó a principios de 1996 en el INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) Manfredi, Córdoba, con el lanzamiento de lo que hoy es el Proyecto Nacional de Agricultura de Precisión. Este proyecto alcanzó nivel nacional en 1999 y actualmente incluye cinco estaciones experimentales ubicadas en cuatro provincias (Buenos Aires, Córdoba, Santa Fé y Entre Ríos), con la coordinación en la Estación Experimental Agropecuaria Manfredi, Córdoba. Las principales actividades de este proyecto son la experimentación adaptativa y la extensión. (Bongiovanni & Lowenberg, p. 203)

(Bongiovanni & Lowenberg, 2006) explican el comportamiento en la adopción de herramientas de la AP que han tenido tan como mayor y menor aplicabilidad en este país:

Como se puede observar en el Cuadro 10.1, tanto monitor de rendimiento como banderillero satelital han sido una de las tecnologías de la agricultura de precisión más adoptadas en nuestro país, mientras que la dosis variable muestra una adopción lenta pero sostenida, en la medida en que se van identificando los factores limitantes de rendimiento y se prescriben las recomendaciones adecuadas para cada zona de manejo (p. 204) (*ver fig. 4*).

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Monitores de rendimiento con GPS	25	75	155	270	400	420	600	850	1300
Monitores de rendimiento sin GPS	25	125	145	180	160	160	250	350	200
Monitores de rendimiento TOTAL	50	200	300	450	560	560	850	1200	1500
Dosis variable (DV) en sembradoras	1	2	3	4	5	5	7	8	20
DV en camiones fertilizadores (Terra-Gator)	2	2	2	2	6	6	6	6	7
DV en incorporadoras de urea	0	0	0	0	0	0	4	4	30
DV en espaciadoras de urea al voleo	0	0	0	0	0	0	0	10	20
DV de incorporadoras de UAN	0	0	0	0	1	2	3	3	3
DV de UAN en pulverizadoras autopropulsadas	0	0	0	0	0	0	5	9	60
Fertilización con dosis variable (DV), TOTAL	3	4	5	6	12	14	25	40	120
Banderilleros satelitales en aviones	35	60	100	160	200	230	300	450	470
Banderilleros satelitales en pulverizadoras	0	10	70	200	400	500	2000	3000	4000
Pilotos automáticos en tractores	0	0	0	0	0	0	0	3	20
Banderilleros satelitales, TOTAL	35	70	70	360	600	730	2300	3453	4490
Sensores de N en tiempo real	0	0	2	2	4	5	6	7	7

**Figura 4. Adopción de las herramientas de la agricultura de precisión en Argentina.**

Fuente: (Bongiovanni, Mantovani, Best, & Roel, 2006).

Desde el año de 1994 Argentina comienza con la aplicación de la AP a través del INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), quien comienza a desarrollar ensayos, cursos, pruebas y otras acciones en pro del avance en la aplicación de estas tecnologías; las cuales se descubre que son altamente influenciadas por las TIC (Tecnologías de Información y Comunicación). Y es en el año del 2001 que se comienza a realizar la fabricación local de herramientas tecnológicas de AP; realizándose en el año del 2007 importantes hallazgos en el desarrollo de prototipos y utilización de tecnologías inalámbricas (Bragachini, 2014).

Es hasta el año del 2013 que Argentina comienza a utilizar los drones para usos agrícolas según Bragachini (2014), para consolidarse en el 2014 como un país referente en la agricultura de precisión.

### 2.1.1.2. Bolivia y la agricultura de precisión

En Bolivia, la AP comenzó más tarde en el país, teniendo su primera aparición en los primeros años del nuevo siglo. Apoyando las jornadas diarias del sector agro de forma lenta y requiriendo que estos participantes se interesen por su aplicación.

A nivel general se puede mencionar que la agricultura de precisión se inició a partir del 2002. En la actualidad, existen diferentes casas comerciales que están difundiendo el uso de herramientas y equipos de agricultura de precisión para optimizar los procesos de producción en campo. Sin embargo, la difusión está siendo lenta, para lo cual es necesaria la participación de organizaciones públicas y privadas para fomentar el uso de estas tecnologías que están orientadas a lograr una mejor productividad. (Mejía, 2006, p. 222)

(Mejía, 2006) Explica que métodos de la AP han sido los mayormente utilizados:

Actualmente, las herramientas de agricultura de precisión que están siendo difundidas son el uso de banderilleros satelitales tanto aéreos como terrestres, navegadores satelitales, sistemas de gerenciamiento georeferenciado (SIG), controladores de caudal para pulverizadoras de tiro, monitores de siembra, monitores de rendimiento, percepción remota, niveladores láser y estaciones meteorológicas automáticas. Estas tecnologías fueron introducidas por diferentes casas comerciales y de acuerdo a un sondeo realizado. (p. 220)

Este cuadro muestra la disponibilidad de herramienta de AP en Santa Cruz, Bolivia:

Herramienta/tecnología	Año de introducción	Número de usuarios, a Diciembre de 2005
Banderilleros satelitales aéreos E-dif	2003	8
Banderilleros satelitales terrestres	2002	80
Navegadores satelitales con GPS	2003	100
Sistemas de gerenciamiento georeferenciado	2004	15
Monitores de rendimiento con GPS	2004	7
Estaciones meteorológicas automáticas	2002	88

**Figura 5. Adopción de las herramientas de agricultura de precisión en Santa Cruz, Bolivia.**

Fuente: (Agricultura de precisión en Bolivia, 2006).

### 2.1.1.3. Brasil y la agricultura de precisión

En cuanto a Brasil, (Rocha & Penha, 2015) Aseguran que:

En Brasil, la agricultura de precisión se introdujo a mediados de 1990, pero solo a partir del año 2000 tuvo una mayor expansión, debido a los avances en la tecnología electrónica y popularización de los equipos de GPS (Global Positioning System). La industria de la maquinaria agrícola juega un papel importante en esta fase, con la introducción de conceptos como el mapeo de la productividad de los cultivos de cereales y aplicaciones de georreferenciación en la agricultura. La adopción de la AP se llevó a cabo con tecnología totalmente importada, especialmente por las empresas multinacionales fabricantes de maquinaria. (p. 234)

En Brasil, la información de la AP se ha agrupado en el Congreso Brasileño de Agricultura de Precisión (ConBAP) y por la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA) (Rocha & Penha, 2015).

### 2.1.1.4. Chile y la agricultura de precisión

Por su parte Chile muestra un gran interés en el desarrollo de su sector vitivinícola y frutícola, con los cuales se ha venido destacado durante años, por lo que no resulta extraño que, al momento de implementar las AP, se enfoque en ambos sectores para la aplicación de las AP.

Así lo indica (Bongiovanni, Mantovani, Best, & Roel, 2006):

Dentro del esquema de agricultura de precisión desarrollado en Chile, se generaron diversos elementos técnicos exitosos con gran nivel de adopción del mercado que permiten justificar las tecnologías desarrolladas. Así, el resultado principal de la investigación y desarrollo de los programas de agricultura de precisión en Chile, ha sido la introducción de una nueva tecnología al sector vitivinícola y frutícola, la cual se ha basado en el uso de imágenes multi espectrales para identificar y magnificar las diferencias en los sectores productivos y asociar estas diferencias a las causales en terreno. (p. 227)

(Rocha & Penha, 2015) Aseguran que:

En Chile se han reportado estudios de AP en viñedos y maíz, por parte de Agrost e INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias). Vale la pena anotar, que ha surgido recientemente como problema relevante en estos países la incompatibilidad entre el software y los equipos, por lo cual se está trabajando en su estandarización (p. 234).

#### 2.1.1.5. Paraguay y la agricultura de precisión

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2005) indica que una gran parte de la población de Paraguay depende de la agricultura, aunque la mayoría de los productores practican agricultura de subsistencia. El sector agropecuario y forestal tiene una gran importancia, ya que aportan el 26% del Producto Interno Bruto (PBI) y constituyen el 90% de las exportaciones.

(Bongiovanni, Mantovani, Best, & Roel, 2006) Explican que la AP comienza a promoverse desde el año 2004 a través de programas, seminarios e instituciones de apoyo agrícola del país:

Con el fin de promover la adopción de Agricultura de Precisión (AP), se realizó un Seminario Internacional sobre Difusión de Experiencias en Agricultura de Precisión en el Cono Sur, en la localidad de Bella Vista-Itapúa, Paraguay, el 15 y 16 de Septiembre de 2004, organizado por el Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur (PROCISUR) y el Centro Regional de Investigación Agrícola (CRIA), dependiente de la Dirección de Investigación Agrícola (DIA) del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de Paraguay. El CRIA está ubicado estratégicamente en una de las áreas más desarrolladas de la agricultura en Paraguay, en el Distrito de Capitán Miranda – Departamento de Itapúa. (p. 230)

#### 2.1.1.6. Uruguay y la agricultura de precisión

En Uruguay la producción de arroz es uno de los fines más importantes en el sector agrícola, por lo que las primeras agriculturas de precisión aplicadas se realizaron en dicho sector a través del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) de este país.

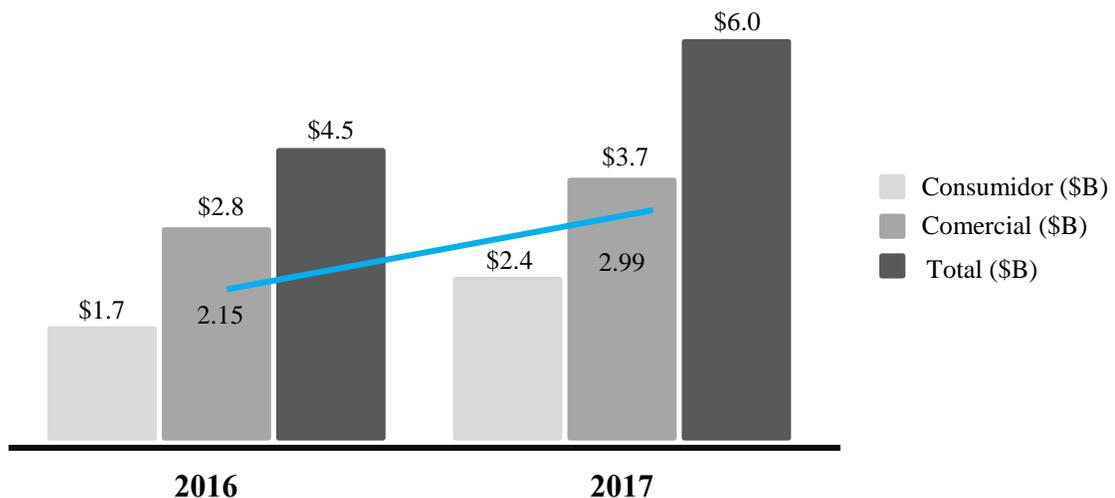
Tal como lo indica (Bongiovanni, Mantovani, Best, & Roel, 2006):

El Programa Arroz de INIA Uruguay incorporó Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), Sistemas de Información Geográficos (SIG) y monitores de rendimiento para investigar la variabilidad de rendimiento dentro de las chacras de arroz. Estas tecnologías abren nuevas posibilidades para la investigación que permitirán desarrollar capacidades tecnológicas en el país tendientes a consolidar una agricultura sustentable. El proyecto de Agricultura de Precisión de INIA se alinea con las crecientes exigencias de los mercados por obtener productos de alta calidad, producidos en forma amigable con el ambiente, trazables e inocuos. (p. 236)

### 2.1.1.7. El uso de drones en el resto de países

Los drones son también herramientas claves para otros sectores que buscan de igual forma erradicar malas prácticas productivas y optimizar sus manejos de procesos, buscando la productividad y la rentabilidad de sus operaciones; cambiando conceptos y creando un entorno eficiente que permita obtener resultados satisfactorios y una mayor proyección.

El tamaño del mercado de los drones comerciales para el 2016 fue de 2.8 billones de dólares con solo 110,000 drones vendidos para ese año. Las proyecciones para el año 2017 fueron de una estimación del 60%, significando 170,000 unidades vendidas representando 3.7 billones de dólares. En el caso de los drones personales alcanza alrededor del 94% del mercado y representan el 40% de los ingresos por venta. Los drones comerciales representan un 6% en el mercado, pero se estima que el precio permite alcanzar ingresos de alrededor de 100,000 dólares y de esa manera representar el 60% de los ingresos por venta. (Castellanos, 2018) (*ver fig. 6*).



**Figura 6. Tamaño del mercado de los drones.**

Fuente: (Castellanos, 2018).

El comercio de los drones muestra un futuro prometedor para las ventas de la industria, las cuales se centran mayormente en la infraestructura, luego la agricultura y por último el sector transporte; siendo la infraestructura la que promete generar información de mapeo de diseño, en el

ámbito de la agricultura; ofreciendo servicios de análisis a tiempo y forma, de un determinado cultivo al igual que aplicaciones de gran escala y de bajos volúmenes de agua o de aplicación de productos para fumigaciones. En el sector transporte, se están desarrollando los usos del drone para la entrega de paquetes, siendo en gran manera más eficientes, versátiles, atractivos e innovadores para sus clientes y proveedores de servicios.

#### Ventajas al usar drones agrícolas:

La agricultura actual requiere de información valiosa y efectiva, para la toma de decisiones, para ellos es preciso cuantificar para decidir los momentos de riego, siembra, fertilización, aplicaciones y cosecha (Pino, 2019)

Es de mucha importancia que el productor tenga claro la conceptualización al momento de la toma de decisiones sobre su cultivo, independientemente del tipo de cultivo. El deber de poner atención y mucho cuidado al aporte que las herramientas tecnológicas, ayudando a facilitar la toma de decisiones de una manera práctica, tecnológica y sobre todo precisa para poder obtener los mejores resultados en su cultivo de objetivo.

Utilizando drones es posible realizar las siguientes acciones: (a) Conteo de plantas y supervisión de su crecimiento. Realizar esta labor con imágenes aéreas, facilita y agiliza enormemente la tarea y se logra mayor exactitud. (b) Medición de clorofila. Permite verificar el nivel nutricional de las plantas. (c) Evaluación del estrés hídrico. Usando una cámara térmica es posible detectar si existen zonas que, por su situación, su composición, etc., pueden necesitar mayor o menor cantidad de agua. (d) Detectar el estado sanitario de un cultivo. Permite verificar si la plantación ha sido afectada por alguna plaga y si es necesaria la aplicación de fertilizadores o tratamientos sanitarios total o diferenciado. (e) Fenología. Con la recopilación de datos y su estudio a lo largo del tiempo puede contribuir a mejorar la productividad de los cultivos y así establecer el potencial productivo. (f) Peritaje de cultivos ante un siniestro. Mediante el análisis de imágenes multiespectrales. (Pino, 2019, p. 3)

Se considera que la utilización de vuelos para determinar todas estas variables es de mucha importancia en la determinación de la rentabilidad de los sistemas productivos, ya que la información ayuda a la toma de decisiones y también al objetivo de identificar anomalías adversas a tiempo. Estos análisis permitirán generar proyecciones de producción reales y no ambiguas.

### Desventajas del uso de drones agrícolas:

Los Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT), pueden presentar debilidades en su construcción física frente a características climáticas de los campos de trabajo, siendo la intensidad del viento un factor decisivo en su correcto funcionamiento si la aeronave es de tipo globo, cometa/ planeador, cometa con rotor o consta de cuatro rotes; siendo los modelos de aletas fijas, hélices con motor, helicóptero de un solo rotor, coaxial o multi rotor los que presentan una desventaja media frente al viento, Mitsikostas (2017).

#### 2.1.1.8. Indicadores de captura fotográfica en drones agrícolas

Una de las características más atractivas de los drones es su capacidad de imagen y captura fotográfica. Las cámaras de los drones están compuestas por una variedad de herramientas de captación fotográfica, mismas que pueden apoyar en las actividades agrícolas ya sea para la detección de plagas o para imágenes de georreferencia. A continuación, se explican sus características más destacadas:

##### **A. Imágenes RGB (Red Green Blue)**

José Reyes, Alex Godoy y Miguel Realpe (2019) Concluyen que las imágenes RGB son las emitidas por cualquier cámara en un tono cromático basándose en tres colores primarios como lo son el rojo, el verde y el azul. (*ver fig. 7*).



**Figura 7. Detalle de imagen RGB.**

Fuente: (Reyes, Godoy, & Realpe, 2019).

## **B. Imágenes CIR (Color Infra Red)**

(Reyes, Godoy, & Realpe, 2019) Exponen que “las imágenes CIR se usan para detectar vegetación, que se ve roja en esta combinación de bandas. En la imagen presentada se distinguen claramente los árboles y plantas en rojo. Sin embargo, muchos otros objetos no vegetales también se ven rojos (p. 7)” (*ver fig. 8*).



**Figura 8. Detalle de imagen CIR.**

Fuente: (Reyes, Godoy, & Realpe, 2019).

## **C. Imágenes NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada)**

(Reyes, Godoy, & Realpe) También indican que:

Las imágenes NDVI resaltan casi exclusivamente las plantas, aparte de algunos pequeños reflejos en el suelo y los techos. Por lo tanto, las imágenes NDVI son útiles para dirigir al usuario hacia las zonas donde hay plantas, así como para resaltar las zonas (por ejemplo, dentro de un campo) en el que las plantas no están realizando adecuadamente la fotosíntesis, lo que indicaría un problema (p. 7) (*ver fig. 9*).



**Figura 9. Detalle de imagen NDVI sobre CIR.**

Fuente: (Reyes, Godoy, & Realpe, 2019).

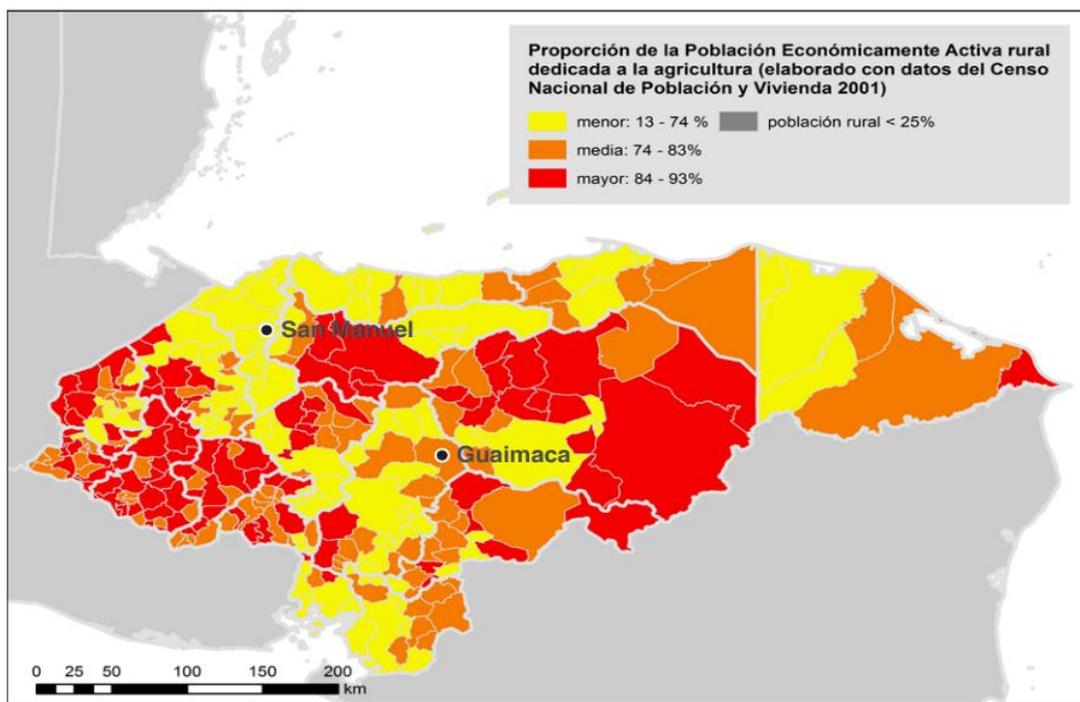
### 2.1.2. Análisis del micro-entorno

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2016), la seguridad alimentaria tiene que ir de la mano con las estrategias asociadas al cambio climático. Ejecutando estrategias que reducen los impactos ambientales y sociales para el desarrollo de alimentos y así mantener una seguridad alimentaria propia de país y naciones en general.

#### 2.1.2.1. El cambio climático y la agricultura

De acuerdo con Francisco Argeñal (2010) en un estudio del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Honduras está en la región tropical donde se prevén los mayores cambios en el clima, parte de los cuales ya se han percibido en la última mitad del siglo pasado. Considerando el escenario de emisiones A1B.

En promedio, el 75% de la población rural mayor de 15 años en Honduras tiene como empleo principal la agricultura, según los datos provistos por el último censo de población y vivienda. (INE, 2001) (*ver fig. 10*).



**Figura 10. Mapa de población mayor de 15 años que se emplea en la agricultura.**

Fuente: (Bouroncle, et al., 2015).

Tal como lo indica la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2015):

Otro factor a considerar que marca el bajo nivel de desarrollo rural, se centra en una profunda desigualdad en la distribución de la tierra, acceso a capital y tecnologías y el ingreso(...) Actualmente el Gobierno de Honduras ha impulsado una política para movilizar mayores recursos del sistema bancario comercial hacia los sectores productivos, pero para ello se hace necesario establecer condiciones a este fin, entre estas, garantías que respalden las inversiones (seguros, encaje legal, fideicomisos por parte del Gobierno), lo mismo que el mejoramiento de la competitividad del sector agropecuario mediante tecnologías y riego, políticas de ordenamiento territorial, manejo de cuencas hidrográficas, precios de garantía a productos, garantías hipotecarias sólidas, transferencia de recursos financieros al sector social de la economía, entre otras. (p. 6)

Uno de los elementos donde se refleja la importancia del sector agrícola de Honduras es en el uso del suelo. En 2005, del total de la extensión de suelo terrestre de 11.189 millones de hectáreas, unas 2.938 millones de representaban la superficie agrícola, es decir el 26% con respecto al total (Ramírez, Ordaz, Mora, & Acosta, 2010).

### 2.1.2.2. Aplicación de drones agrícolas

La Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) desde el año del 2010 ha estado apoyando el sector agrícola de Honduras, a través de proyectos que impulsan la implementación de nuevas tecnologías por medio de la agricultura de precisión, trayendo consigo la modernización e innovación en el sector agro del país; siendo a partir del 2015 que hace el ingreso de capacitaciones sobre el uso de drones agrícolas con diversas intenciones (FHIA, 2018).

Actualmente Honduras cuenta con varias iniciativas empresariales formadas por profesionales de las ciencias agrícolas y de formación civil que ya están desarrollando esta tecnología. La iniciativa surge bajo las necesidades y la innovación que el sector agroalimentario demanda en la actualidad (FHIA, 2019). Una de las iniciativas emergente en el país, es el equipo de múltiples funciones del Hylio, la cual propone un tipo de dron muy fuerte, que está siendo operado en el país por la empresa Agrodron.

### 2.1.3. Análisis interno

En este segmento se analiza la naturaleza de la empresa en la que se realiza la investigación, así como también de su misión, y visión que se aplica en su cultura y un análisis FODA para determinar la situación actual desde un punto de vista de impacto interno y externo.

#### 2.1.3.1. Descripción de la empresa

Industrias Olanchanas S.A. fue fundada en el año del 2006 como una alternativa productiva, de financiamiento directo e instrumento aplicativo académico de la Escuela El Sembrador, fundada en 1954 como una organización sin fines de lucro; ambas instituciones se encuentran ubicadas en Catacamas, Olancho.

La empresa centra su potencial productivo en la cría de animales de alto valor genético a través de las razas Angus, Brahman y Brangus; los cuales son comercializados como productores de leche o son sacrificados para la venta de cortes de carne de alta calidad. Teniendo dentro de su cartera de clientes empresas de renombre en el país.

### 2.1.3.2. Misión

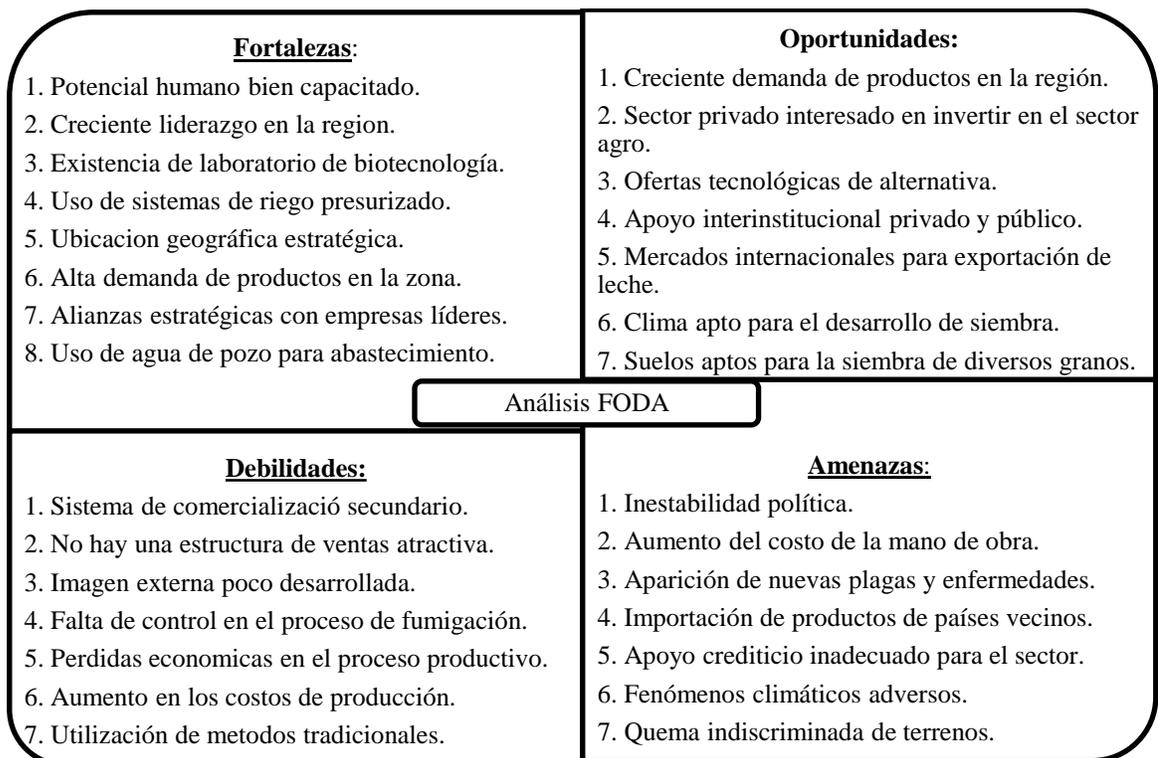
Proveer recursos ahora y en el futuro para que Escuela El Sembrador (organización sin fines de lucro), continúe transformando más vidas.

### 2.1.3.3. Visión

Ser la empresa agroindustrial más eficiente en Honduras y proveer los recursos que requiere la Escuela El Sembrador (organización sin fines de lucro).

### 2.1.3.4. Análisis FODA

La empresa centra sus fortalezas en sus herramientas técnicas, capital humano y el trabajo realizado a lo largo de los años, siempre conscientes que existen grandes retos y oportunidades de crecimiento, los cuales pueden también representar debilidades en sus procesos (*ver fig. 11*).



**Figura 11. Análisis FODA de Industrias Olanchanas, S.A.**

Fuente: Industrias Olanchanas S.A.

## 2.2. Teoría de sustento

De acuerdo con Hernández Sampieri (2010), después de examinar la literatura que explica el problema de investigación se deben encontrar teorías o modelos aplicables que sustenten el marco teórico, y de esta manera también expliquen el problema que se está investigando. Es por ello que para la presente investigación que se han elegido las teorías de la administración de la producción y la administración de las operaciones y suministros (AOS), como base de explicación al problema.

### 2.2.1. Administración de la producción

De acuerdo con (Arnoletto, 2006):

La administración de la producción juega un papel gerencial, que se distingue y es propio que se expresa sobre todo en el tipo de decisiones estratégicas a largo plazo, tácticas a mediano plazo y operativas a largo plazo que se toman (...) los temas estratégicos de la administración de la producción son muy amplios: ¿Qué fabricaremos? ¿Cómo? ¿Con qué nivel tecnológico? ¿Dónde? ¿Lo hacemos o lo compramos? Etc. (...) los temas tácticos se refieren sobre todo a la eficiente programación de los materiales y de la mano de obra, en el marco de las decisiones estratégicas ya tomadas y frente a las fluctuaciones de la situación real.” (p.27).

(Render & Heizer, 2007) Afirman que “la medición de la productividad puede ser bastante directa. Tal es el caso si la productividad puede medirse en horas-trabajo por tonelada de algún tipo específico de acero, o bien, como la energía necesaria para generar un kilowatt de electricidad” (pág. 4). Un ejemplo de medición de la productividad puede resumirse en dos indicadores obtenidos por la administración de la producción, que se exponen en la siguiente ecuación (*ver ecuación 1*).

$$\textit{Productividad} = \textit{unidades producidas} \div \textit{horas de trabajo empleadas}$$

#### **Ecuación 1. Ecuación de la productividad según la administración de la producción.**

Fuente: (Render & Heizer, 2007).

En esta figura la productividad se refiere a la cantidad de unidades producidas en base a una hora de trabajo; unidades producidas es la cantidad de producto que se encuentra en su estado final listo para comercializarse; y horas de trabajo empleadas se refiere al total de horas invertidas para

alcanzar la manufactura final de un objeto o materia. Por ejemplo, si las unidades producidas son igual a 1,000 y las horas trabajo empleadas son 250, entonces 1,000 entre 250 es igual a cuatro unidades producidas por una hora de trabajo empleada.

#### 2.2.1.1. Variables de productividad

Estos son los factores que influyen directamente en el proceso productivo, y determinan el resultado al final de la cadena productiva. Pueden ser objeto de un incremento o decremento en la productividad, y son incluidos en los costos de producción.

Según Render y Heizer, (2007) la productividad depende de tres variables que son: la mano de obra que contribuye en casi un 10% del incremento anual; el capital, el cual contribuye en casi un 38% del incremento anual; y la administración que contribuye alrededor de un 52% del incremento anual.

#### 2.2.2. Administración de las operaciones y suministros (AOS)

(Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009) Señalan que:

La administración de operaciones y suministros (AOS) trata de como desempeñar el trabajo de forma expedita, eficiente sin errores y a bajo costo (...) las operaciones se refieren a los procesos que se emplean para transformar los recursos que utiliza una empresa en los productos y servicios que desean los clientes (...) suministro se refiere a la forma de abastecer los materiales y los servicios que entran y salen de los procesos de transformación de la empresa. (pág. 4)

De acuerdo con Richard Chase, Robert Jacobs y Nicholas Aquilano (2009), la productividad es una medida que suele emplearse para conocer que tan bien o que tan eficientes están siendo en la utilización de sus recursos (o factores de producción) una industria, un país o una unidad de negocios, ya que esta medición es versátil y puede medir la productividad operativa bajo cualquier escenario (*ver ecuación 2*).

$$\textit{Productividad} = \textit{entradas} \div \textit{salidas}.$$

#### **Ecuación 2. Ecuación de la productividad según la administración de operaciones.**

Fuente: (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009).

De acuerdo a la ecuación anterior, la productividad se refiere a la cantidad de productos finales alcanzados por la cantidad de insumos que han ingresado; salidas es la cantidad de productos finales alcanzados; y entradas es la cantidad de insumos ingresados para la generación de productos finales.

La administración de operaciones busca la forma más óptima de llevar a cabo los procesos, por lo cual, el análisis de cambios en los procesos de la cadena es una actividad que requiere de apoyo financiero. Para ello el factor de recuperación de la inversión juega un papel de importancia.

(Adam & Ebert, 1992) Afirman que:

Uno de los métodos más comúnmente usados para evaluar las propuestas de inversión es el del periodo de recuperación de la inversión definido como inversión neta entre el ingreso neto actual proveniente de la inversión (...). (pág. 72) (*ver ecuación 3*).

$$\text{Rentabilidad} = \text{Inversión neta} \div \text{Ingreso neto anual proveniente de la inversión}$$

### **Ecuación 3. Ecuación para el cálculo del periodo de recuperación de una inversión.**

Fuente: (Adam & Ebert, 1992).

El período de recuperación es igual a la inversión neta entre el ingreso neto anual proveniente de la inversión; siendo inversión neta el capital invertido o intercambiado para la adquisición de un bien o servicios después de impuestos y otros gastos del proceso de adquisición; y el ingreso neto anual proveniente de la inversión se refiere a la utilidad o beneficio anual adquirido de la compra de ese bien o servicio después de considerar el pago de impuestos y cargas fiscales.

Esta fórmula proporciona un análisis importante como base del reconocimiento de la recuperación de la inversión, que respalda otros indicadores de análisis como es la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la búsqueda del Valor Actual Neto (VAN), Adam y Ebert (1992).

### 2.3. Conceptualización

Agricultura: Según (Barioglio, 2006) “Ciencia que trata de la aplicación de los principios de la agronomía a cada cultivo en particular, modificándolos según las necesidades de cada especie vegetal” (p. 31).

Agricultura de precisión: De acuerdo con (Barioglio, 2006) “Dícese de la automatización del manejo sitio-específico de cultivos utilizando computadoras, sensores y otros equipos electrónicos, que permiten la obtención y análisis de datos geo-referenciados, y que mejoran el diagnóstico y la eficiencia en el uso de los insumos” (p. 31).

Costos de fumigación: Son implicaciones económicas relacionadas con el manejo de insumos, aprovechamiento de conocimiento y manejo de las herramientas los cuales tienen un efecto en el proceso de fumigación, de acuerdo con Bedmar (2011).

Cultivo agrícola: (Barioglio, 2006) Argumenta que “Dícese de cualquier comunidad vegetal para que, mediante prácticas culturales adecuadas, el hombre utiliza para obtener beneficios. Hace principalmente referencia a los cultivos extensivos que pueden prosperar bajo condiciones naturales y en secano” (p. 139).

Fungicida: Es descrito por (Barioglio, 2006) como “Agente químico capaz de matar las esporas o micelios de los hongos, o de inhibir su capacidad de desarrollo” (p. 204).

Hongos: (Parodi, 1977) lo describe como “Grupo numeroso, muy importante desde el punto de vista agrícola. Son vegetales sin clorofila, con membrana celular nitrogenada, que viven a expensas de la materia orgánica elaborada por otros organismos, sea como saprofitos, simbióticos o parásitos” (p. 31).

Mejora de la cadena de producción: Está enfocada a la optimización de recursos o actividades que se centran en convertir materia prima en un producto terminado, con el fin de comercializarse para la obtención de un beneficio económico de acuerdo con Pietrobelli (2005).

Plaguicida: De acuerdo con (Bedmar, 2011) “Los plaguicidas, también llamados pesticidas, son sustancias destinadas a combatir plagas o pestes. Surgieron por la necesidad de manejar poblaciones de organismos nocivos para la sanidad humana, la de cultivos o frutos almacenados y la de animales domésticos” (p. 10).

Precisión de aplicación: Está relacionada con la Agricultura de Precisión ya que según (Garcia & Flego, 2008) es “aplicar la cantidad correcta de insumos, en el momento adecuado y en el lugar exacto” (p. 100).

Tiempo de aplicación: De acuerdo con Barioglio (2006), es la capacidad efectiva de una maquinaria agrícola se puede medir en condiciones normales de trabajo sin afectar su entorno, con el objetivo de medir el tiempo que tarda en trabajar la fumigación en una superficie exacta y conocida.

## CAPITULO III. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

### 3.1. Congruencia metodológica

En el presente capítulo se muestra la metodología empleada en la investigación, determinando las técnicas y procedimientos utilizados, alienados con los objetivos, preguntas y variables. A continuación, se presenta la tabla síntesis de los elementos de esta investigación.

#### 3.1.1. Matriz metodológica

Problema	Preguntas de investigación	Objetivos		Variables	
		General	Específicos	Independiente	Dependiente
¿Cómo influye el tiempo de los métodos actuales y la precisión actual de las dosificaciones de plaguicidas y fungicidas en los costos de producción y cuál será el efecto que tendrá la implementación de drones agrícolas en el proceso de control de plagas y enfermedades en el área productiva de Industrias Olanchanas S.A.?	¿Qué papel juega el tiempo de los métodos actuales de aplicación de plaguicidas y fungicidas en el costo de producción del proceso de control de plagas y enfermedades para la implementación de drones agrícolas en el área productiva de Industrias Olanchanas S.A.?	Analizar qué tipo de influencia tendrá la implementación de drones agrícolas en los costos de fumigación; identificando la influencia de los métodos de fumigación actuales en cuanto a los tiempos de aplicación como también a la precisión aplicativa de los mismos y de qué manera influyen en los costos de producción del proceso de control de plagas y enfermedades en el área productiva de Industrias Olanchanas S.A.	Determinar la influencia del tiempo de los métodos actuales de aplicación de plaguicidas y fungicidas en el costo de producción del proceso de control de plagas y enfermedades para la implementación de drones agrícolas en el área productiva de Industrias Olanchanas S.A.	Tiempo de aplicación	Mejorar la cadena de producción
	¿Cuál es la influencia de la precisión actual en las dosificaciones de plaguicidas y fungicidas en el costo de producción del proceso de control de plagas y enfermedades para la implementación de drones agrícolas en el área productiva de Industrias Olanchanas S.A.?		Describir la influencia de la precisión de los métodos actuales en las dosificaciones de plaguicidas y fungicidas en el costo de producción del proceso de control de plagas y enfermedades para la implementación de drones agrícolas en el área productiva de Industrias Olanchanas S.A.	Precisión de aplicación	
	¿Cuál es el efecto en los costos de producción que se esperan con la implementación de drones agrícolas en el proceso de control de plagas y enfermedades en el área productiva de Industrias Olanchanas S.A.?		Establecer el efecto en los costos de producción que se esperan con la implementación de drones agrícolas en el proceso de control de plagas y enfermedades en el área productiva de Industrias Olanchanas S.A.	Costos de fumigación	

### 3.1.2. Operacionalización de las variables

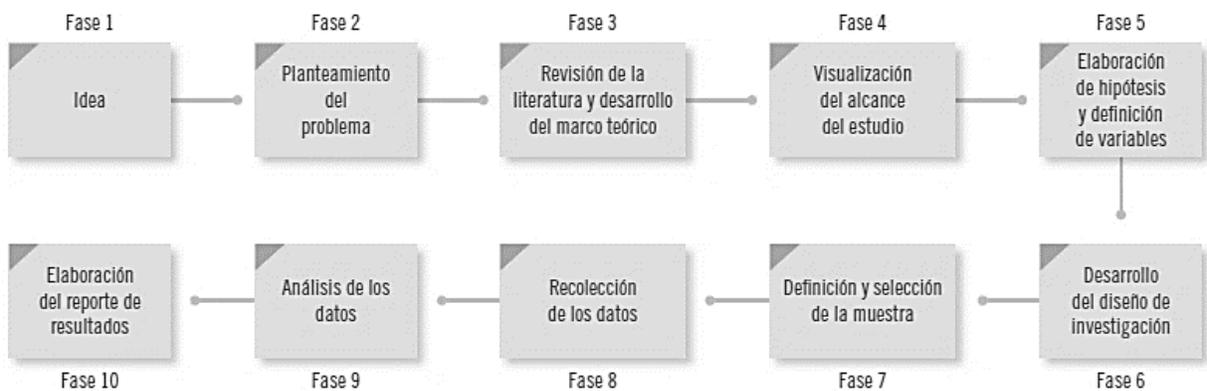
Variable independiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Unidad de medida	Escala	Valor final
Tiempo	Uso del tiempo en las aplicaciones del producto actuales	Duración que toma la aplicación de plaguicidas y fungicidas en el método actual	Alcance de terreno  Aprovechamiento de la fuerza laboral	Productividad desde el punto de vista de la administración de la producción	Manzanas de suelo  Horas hombre de trabajo	De razón	Productividad alta: 3 manzanas por hora hombre o mas  Productividad media: 1.5 a 2.99 manzanas por hora hombre  Productividad baja: 1.4 manzanas por hora hombre o menos
Precisión	Uniformidad de las aplicaciones del producto actuales	Producto utilizado para realizar una aplicación uniforme sobre un objetivo de suelo según el método actual	Aprovechamiento de producto  Alcance de terreno	Productividad desde el punto de vista de la administración de las operaciones	Litros de producto  Manzanas de suelo	De razón	Productividad alta: 0.40 litros por manzana o menos  Productividad media: 0.41 a 0.70 litros por manzana  Productividad baja: 0.71 litros por manzana o más
Costos	Efecto en los costos con la implementación de drones agrícolas	Costos esperados con la implementación de los drones agrícolas en el proceso	Inversión en producto  Inversión en mano de obra  Inversión en diesel	Ahorro	Costos de producción método anterior  Costos de producción método propuesto	De razón	Ahorro alto: 20% o más  Ahorro medio: 10% a 19%  Ahorro bajo: 09% o menos

### 3.2. Enfoque y métodos

Para poder realizar esta investigación es necesario un conjunto de métodos que proporcionarán los datos necesarios para realizar un análisis congruente y enfocado que permita establecer una relación entre las variables propuestas que brinden una solución a los problemas planteados.

#### 3.2.1. Enfoque de la investigación

Esta investigación se desarrolló con un enfoque cuantitativo que se estructuró en cinco fases, llevando una línea de desarrollo clara y bien estructurada; ya que se esperaba estudiar los factores de precisión, tiempo y costos que son medibles y a su vez obtenidos por medio del cálculo con otros indicadores cuantificables (*ver fig. 12*).



**Figura 12. Fases del proceso cuantitativo.**

Fuente: (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010).

De acuerdo a Hernández Sampieri (2010) el enfoque cuantitativo tiene las características de realizar el planteamiento del estudio delimitándolo, revisando literatura para guiarse y examinar teorías para corroborar creencias; y a su vez realiza medición de las variables que se expresan mediante números o cantidades. Dentro de su alcance se definió como descriptivo ya que busca identificar las propiedades del proceso de fumigación, sus características o cualquier fenómeno que lo someta a análisis, midiendo con independencia las variables.

### 3.2.2. Método de la investigación

Se estableció un método o diseño no experimental transversal. Es no experimental ya que no se modificarán intencionalmente las variables independientes; siendo transversal ya que se recolectarán los datos en un solo momento. Tal como lo indican (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010) “En estos casos el diseño apropiado (bajo un enfoque no experimental) es el transversal o transeccional” (p. 151).

### 3.3. Diseño de la investigación

Hernández Sampieri (2010) describe el diseño como un “Plan o estrategia que se desarrolla para obtener la información que se requiere en una investigación” (pág. 120).

#### 3.3.1. Unidad de análisis

Se tomó como unidad de análisis el proceso de fumigación desarrollado por el área productiva de la empresa Industrias Olanchanas S.A., en la ciudad de Catacamas, Olancho. Siendo el personal de esta área los encargados de brindar respuesta con información obtenida de los procesos de fumigación en base a los tiempos y precisión de las aplicaciones realizadas, y los costos de producción.

Los datos para análisis de esta investigación se obtuvieron por medio de esta unidad de respuesta:

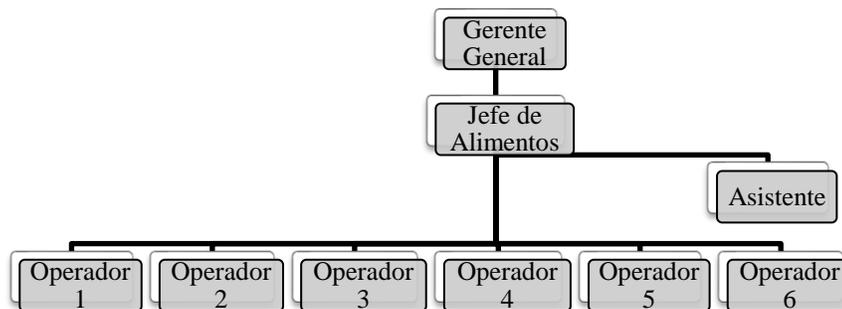
- A. Tiempos de las aplicaciones: se acompañó el proceso de fumigación durante tres semanas para realizar la medición de los tiempos de las 31 aplicaciones de fumigación; así mismo se complementó la información en entrevistas con los operadores de las herramientas de fumigación.
- B. Precisión de las aplicaciones: en el acompañamiento de tres semanas se realizaron mediciones en las cantidades de producto utilizadas (litros) en conjunto con las cantidades de terreno cubiertas (manzanas) por las 31 aplicaciones analizadas. Considerando que el terreno objetivo está conformado por 10 lotes de diferentes

tamaños totalizando un área total de 54.2 manzanas por medio de 3 repeticiones de cada aplicación, haciendo un suelo objetivo de 162.60 manzanas; siendo esta información proporcionada por el operador de la herramienta de fumigación y el asistente de alimentos.

- C. Costo de producción: se obtuvo información de la influencia del tiempo y el efecto en los costos de la producción, tomando en cuenta costos en la mano de obra, litros de diesel implementados, precios de los productos de fumigación y otros costos que influyen para el funcionamiento aplicativo de los métodos actuales y una estimación del propuesto; siendo información obtenida por medio de documentación recogida por la empresa.

### 3.3.2. Población

El proceso investigativo se desarrolló en el área productiva de alimentos para animales de la empresa Industrias Olanchanas S.A., la cual está compuesta de esta forma:



**Figura 13. Organigrama del área productiva de Industrias Olanchanas S.A.**

Fuente: Industrias Olanchanas S.A.

### 3.3.3. Muestra

La muestra de la población es no probabilística ya que selecciona participantes con varios propósitos. Según (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010):

En las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o de quien hace la muestra. Aquí el procedimiento no es mecánico ni con base en fórmulas de probabilidad, sino que depende del proceso de toma de decisiones de un investigador o de un grupo de investigadores (...). (p. 171)

Se seleccionó como nuestra muestra los seis operadores que están involucrados en el proceso de fumigación de los cultivos de maíz y se realizó la observación de un total de 31 aplicaciones de fumigación durante tres semanas consecutivas.

## 3.4. Técnicas e instrumentos aplicados

Para la recopilación de información de la presente investigación se utilizaron otras técnicas como el análisis de contenido cuantitativo y observación. El análisis de contenido cuantitativo Hernández Sampieri (2010) lo explica como “una técnica para estudiar cualquier tipo de comunicación de una manera ‘objetiva’ y sistemática, que cuantifica los mensajes o contenidos en categorías y subcategorías, y los somete a análisis estadístico” (pág. 260). También define la observación como un método de recolección de datos sistemático, válido y confiable de comportamientos y situaciones observables, por medio de un conjunto de categorías y subcategorías.

### 3.4.1. Instrumentos

La presente investigación utilizó formatos de apoyo para la recolección de datos por medio de los siguientes instrumentos:

#### 3.4.1.1. Entrevistas semi-estructuradas y personales

Se realizaron las entrevistas cara a cara con los seis operadores al finalizar el día laboral de fumigación, con el objetivo de obtener información de los tiempos de aplicación, cantidad de

insumo utilizado, cantidad de jornadas realizadas, los litros/galones de diesel utilizados y la cantidad de terreno abarcado. Se realizó de forma semi-estructurada ya que se contaba con la información de algunos de los datos obtenidos previamente de las observaciones, por lo que la secuencia de entrevista se llevó a cabo para completar la información faltante, confirmación de la información ya existente y discutir fenómenos observados para alimentar la redacción de las notas ampliadas.

#### 3.4.1.2. Observación directa

Se estableció un procedimiento de recolección por medio de notas de campo con el apoyo de dos formatos:

- Formato de hoja de control de aplicaciones operacionales (*ver anexo No.5*): en este formato se llevó el registro de indicadores operacionales que apoyaron en la recolección de información sobre las variables tiempo, aplicación y costos de fumigación, cumpliendo con la principal característica de las notas condensadas de acuerdo con Sampieri (2010).
- Formato de registro de observación del proceso (*ver anexo No.1*): este formato cumple con el objetivo de realizar las anotaciones inmediatas de cualquier fenómeno observado en el proceso de fumigación, basándose en una descripción breve de lo ocurrido, determinando quienes estuvieron involucrados, una explicación de la posible causa, comentarios del observador y conclusiones. Este formato corresponde a la naturaleza de las notas ampliadas de acuerdo con Sampieri (2010).

#### 3.4.2. Técnicas

Entre las técnicas de muestreo utilizados se encuentran el muestreo por juicio. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010) Explican que:

El muestreo por juicio consiste en una forma de muestreo por conveniencia en la que los elementos de la población y unidades de análisis se seleccionan de forma deliberada por el entrevistador; siendo en este caso el entrevistador utiliza su juicio y experiencia para seleccionar los elementos que se incluirán en la muestra considerando su representatividad en función de la población de interés (p. 224).

### 3.5. Fuentes de información

Las fuentes de información de esta investigación se constituyen por medio de diversos tipos de documentos y que contienen datos útiles que satisfacen la necesidad de conocimiento sobre el problema de investigación. Dividiéndose en fuentes de información primarias y fuentes de información secundaria.

#### 3.5.1. Fuentes primarias

(Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010) Explican que:

Las fuentes primarias más utilizadas para elaborar marcos teóricos son libros, artículos de revistas científicas y ponencias o trabajos presentados en congresos, simposios y eventos similares, entre otras razones, porque estas fuentes son las que sistematizan en mayor medida la información; generalmente profundizan más en el tema que desarrollan y son altamente especializadas. (p. 57)

Para esta investigación se utilizó información de manuales de la Escuela El Sembrador, así como también reportes administrativos de Industrias Olanchanas S.A. con la finalidad de poder ahondar en el tema. También se toma como fuente, el equipo y el personal operativo de Industrias Olanchanas S.A. que en ese momento se disponía a realizar las aplicaciones; y se recolectó información del proceso de fumigación por medio de hojas de trabajo para las 31 aplicaciones.

#### 3.5.2. Fuentes secundarias

Se utilizaron fuentes sustentadas por las opiniones de expertos en el sector a través de investigaciones, reportes, repositorios, tesis e informes como fuente de información secundaria, que apoyó en la determinación de data interesante para la investigación. Así como también, información proporcionada por el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) y demás instituciones y organismos nacionales e internacionales que siguen de cerca el desarrollo del sector agrícola.

También se apoyó en la información obtenida a través de revistas científicas y propuestas de proveedores calificados en el tema de drones.

## CAPITULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 4.1. Antecedentes de la empresa

Industrias Olanchanas S.A. fue fundada en el año de 2006 como una alternativa productiva, de financiamiento de directo e instrumento aplicativo académico de la Escuela El Sembrador, ambas ubicadas a 220 kilómetros de la ciudad de Tegucigalpa, en el municipio de Catacamas, Olancho. La Escuela El Sembrador fue fundada en el año de 1954 por Donald Hawk y Twana Hawk, ambos campesinos y originarios del estado de Ohio, Estados Unidos. (Industrias Olanchanas, 2018)

(Hawk, 2020) Explica que la Escuela El Sembrador durante 60 años se ha comprometido con el desarrollo integral del joven y sus comunidades, proveyendo oportunidades de crecimiento que dan forma a un nuevo tipo de hondureño. El Sembrador es una organización educativa modelo por la calidad e impacto de sus programas académicos comprometida con la formación de un nuevo hondureño, capacitándole con las competencias y habilidades que le impulsen al logro de los más altos estándares de éxito y desarrollo. Bajo una educación cristiana tomando en cuenta el trinomio ‘Dios, Patria y trabajo’ que se dispone a una transformación de las comunidades, de la patria y de cada uno de los involucrados.

En el centro educativo se producen cada día unos 2,200 litros de leche a través de la empresa Industrias Olanchanas S.A., la cual los comercializa con el fin de generar recursos económicos para el sostén de los alumnos becados. Es por ello que dedican su capacidad productiva a la cría de animales de alto valor genético que a su vez son alimentados con maíz cosechado en campos propios, de esto nace la importancia de ser eficientes en la cadena de producción. También se posee una represa hidroeléctrica a través de la cual se producen unos 150 kilowatts de energía eléctrica (Mendoza, 2020).

Industrias Olanchanas S.A. también representa un referente en el sector agrícola de la zona, reconocido por la aplicación de nuevas tecnologías, así como también por la calidad de los productos que se producen.

## 4.2. Proceso actual

Actualmente el proceso de fumigación se realiza con métodos que han sido utilizados durante los últimos 10 años de existencia de la empresa por operadores capacitados con una amplia trayectoria en el trabajo de campo y con conocimientos del manejo de las herramientas.

### 4.2.1. Herramientas del proceso actual

1. Bomba de mochila (*ver fig. 14*). De acuerdo con Karla Vásquez, Hugo Ramos, Dulce Garcia y Juan Hernández (2007) el uso de las mochilas se realiza con un recipiente (tanque) de pulverización con bombeo manual, el cual el operativo tiene que bombear a una palanca para hacer compresión y posteriormente activar la pistola (rociador) y proceder a fumigar hasta que la presión aplicada se termine y se vuelva hacer la compresión.



**Figura 14. Bomba de mochila o mochila para fumigar.**

Fuente: (Vasquez Arroyo, Ramos Herrera, Garcia Gomez, & Hernandez Arellano, 2007).

2. Motobomba (*ver fig. 15*). La motobomba es una mochila de fumigación automatización que es alimentada de por una bomba de diesel (Escobar, 2020).



**Figura 15. Motobomba**

Fuente: (Escuela El Sembrador, 2017).

3. Bum con tractor (*ver fig. 16*). De acuerdo con la (Escuela El Sembrador, 2017) es “Mejor conocido como fumigadora para tractor, consta de la adaptación de contenedores de producto y motores que impulsan las aplicaciones a través de tubos o mangueras ubicadas en el levante hidráulico del tractor para realizar las aplicaciones de producto” (p. 41).



**Figura 16. Bum con tractor.**

Fuente: (Escuela El Sembrador, 2017).

4. Bum autopropulsado (*ver fig. 17*). (Escuela El Sembrador, 2017) Explica que “Este método se realiza por medio de un vehículo compacto que alberga tanques para el almacenamiento del producto, que a su vez se interconecta con tuberías laterales que constan boquillas estilo regadera las cuales permiten la aplicación del producto” (p. 37).



**Figura 17. Bum autopropulsado.**

Fuente: (Escuela El Sembrador, 2017).

#### 4.2.2. Mano de obra

Los operadores de Industrias Olanchanas S.A., son habitantes de las comunidades de El Guayabito, Punuare, Arimis, Santa Maria del Real y San Francisco de Becerra, todas son aldeas aledañas a la ciudad de Catacamas. Se encuentran entre las edades de 22 a 50 años, y algunos de ellos poseen más de 30 años de experiencia en la fumigación de cultivos agrícolas.

La remuneración o pago por mano de obra, se les realiza en base a la hora trabajada por cada uno de ellos, tomando en cuenta la complejidad del manejo de la herramienta utilizada para la fumigación; ya que el manejo de una herramienta a otra puede requerir de mayor experiencia, destreza en su manejo y conocimiento de campo.

Además de que las implicaciones de salud, que varían por herramienta, contando con mayor riesgo en el contacto con pulverizadores de poca automatización; riesgos que se manifiestan en intoxicaciones con los agroquímicos, problemas de piel y problemas asociados con la ergonomía en el uso de las herramientas (*ver tabla 2*).

**Tabla 2. Tabla de pago para el proceso de fumigación.**

Descripción	Hora	Lempiras/ operador
Bomba de mochila	1	L 150.00
Motobomba	1	L 200.00
Bum con tractor	1	L 350.00
Bum autopropulsado	1	L 375.00

Fuente: Industrias Olanchanas S.A.

La mano de obra también está constituida por personal temporal que cubre ausencias de los operadores de pila o apoya cuando es necesario un aumento en la cobertura de fumigación para cumplir los objetivos. Este personal temporal no cuenta con una estabilidad laboral dentro de la empresa, pero son remunerados bajo el mismo esquema de pago que los operadores de la empresa.

4.2.3. Diagrama de flujo del proceso de fumigación actual



Fuente: Industrias Olanchanas S.A.

#### 4.2.4. Costos de operativos de fumigación 2019

A continuación, se muestra una tabla resumen de la inversión realizada en la operación de fumigación comprendida entre el 09 de abril y el 01 de mayo del 201; siendo la primera de tres fumigaciones que se realizó en dicho año. Para esta data se toma en cuenta la inversión en el abastecimiento de diesel para el funcionamiento de las maquinarias y el pago de mano de obra por día trabajo en el proceso de fumigación (*ver tabla 3*).

**Tabla 3. Costos de inversión en el proceso de fumigación 2019.**

Fechas de fumigación	Total diesel consumido por día	Total pago de mano de obra por día	Total
9 de abril del 2019	L 2,241.44	L 10,718.75	L 12,960.19
10 de abril del 2019	L 2,211.30	L 8,318.75	L 10,530.05
11 de abril del 2019	L 1,584.20	L 7,612.50	L 9,196.70
12 de abril del 2019	L 1,504.14	L 7,500.00	L 9,004.14
15 de abril del 2019	L 1,902.40	L 7,537.50	L 9,439.90
16 de abril del 2019	L 1,977.24	L 6,750.00	L 8,727.24
17 de abril del 2019	L 1,828.92	L 6,600.00	L 8,428.92
18 de abril del 2019	L 1,503.62	L 6,125.00	L 7,628.62
19 de abril del 2019	L 344.55	L 4,000.00	L 4,344.55
22 de abril del 2019	L 0.00	L 3,750.00	L 3,750.00
23 de abril del 2019	L 325.53	L 3,750.00	L 4,075.53
24 de abril del 2019	L 251.44	L 3,200.00	L 3,451.44
25 de abril del 2019	L 251.44	L 2,800.00	L 3,051.44
26 de abril del 2019	L 0.00	L 4,050.00	L 4,050.00
29 de abril del 2019	L 181.85	L 1,950.00	L 2,131.85
30 de abril del 2019	L 269.40	L 2,800.00	L 3,069.40
01 de mayo del 2019	L 347.98	L 4,000.00	L 4,347.98
<b>Total general</b>	<b>L 16,725.45</b>	<b>L 91,462.50</b>	<b>L 108,187.95</b>

Fuente: Industrias Olanchanas S.A.

La cantidad de operarios de apoyo en el proceso de fumigación puede variar de cinco a seis como también se puede incluir el apoyo de operativos que son solicitados únicamente para trabajar por día, sobre todo en las herramientas más sencillas de manejo como lo son la mochila de fumigación y la motobomba.

#### 4.2.5. Suelo objetivo

La empresa Industrias Olanchanas S.A., cuenta con 200 manzanas de terreno que se destinan para la realización de siembras de maíz. Las cuales son utilizadas de tres a cuatro veces al año, generalmente contando con las primeras dos siembras entre los meses de enero y abril, haciendo uso aproximado de 40 a 60 manzanas aproximadamente entre cada siembra, hasta llegar el mes de mayo que delimita el inicio del invierno y que es aprovechado por los productores agrícolas para realizar sus siembras más fuertes. Para el caso, Industrias Olanchanas S.A. es en este momento en el que utiliza toda su capacidad de siembra, realizando el cultivo de al menos 200 manzanas de maíz.

El suelo objetivo es dividido por medio de lotes pertenecientes a Industrias Olanchanas S.A. y a la Escuela El Sembrador, los cuales se describen de la siguiente forma:

- Lote 1 (La Vega): 5.3 manzanas
- Lote 2 (La Hena): 5.7 manzanas
- Lote 3 (El Cablotal): 5.4 manzanas
- Lote 4 (Ciruelos): 5.1 manzanas
- Lote 5 (La Herradura): 5.3 manzanas
- Lote 6 (El Heno): 5.7 manzanas
- Lote 7 (La Harada): 5.3 manzanas
- Lote 8 huerto escolar: 5.2 manzanas
- Lote 9 huerto escolar: 6.1 manzanas
- Lote 10 huerto escolar: 5.1 manzanas
- Lote 11 huerto escolar: 26.5 manzanas
- Lote 12 huerto escolar: 28.9 manzanas
- Lote 13 huerto escolar: 35.3 manzanas
- Lote 14 huerto escolar: 22.9 manzanas
- Lote 15 huerto escolar: 32.1 manzanas

Los lotes del 1 al 10 cuentan con sistema de riego propio, mientras que los lotes del 11 al 15 su riego se debe realizar con ayuda de otro tipo de herramientas.

#### 4.2.6. Aplicaciones actuales de los productos

En la tabla 4 se presentan por método, la formulación de fumigación de los productos, la cual no presenta una alta variación entre los métodos en cuanto a la cantidad de producto de plaguicida y fungicida, encontrándose su diferenciación en las cantidades de agua a utilizar por cada método.

**Tabla 4. Fórmula de fumigación por método de fumigación.**

Método de fumigación	Cantidad de agua (en litros)	Cantidad de producto (en litros)
Bomba de mochila	200	De 0.35 a 0.90
Motobomba	130	De 0.35 a 0.90
Bum autopropulsado	100	De 0.35 a 0.90
Bum con tractor	100	De 0.35 a 0.90
* Mezcla a utilizar en una manzana de suelo objetivo		

Fuente: Industrias Olanchanas S.A.

#### 4.3. Método de medición a ser aplicado

Tomando en cuenta que es una investigación con enfoque cuantitativo y que su alcance busca describir el proceso de fumigación en su estado natural; se tomará la información de análisis en un mismo periodo de tiempo por medio de las siguientes técnicas e instrumentos:

- Análisis de contenido cuantitativo ya existente en la compañía como historiales y reportes.
- Observación directa del proceso de fumigación.
- Levantamiento de hojas de trabajo con información en campo.
- Análisis de datos secundarios.
- Construcción de diagramas de flujo
- Diagramas de causa-efecto.

Con estas técnicas y herramientas se buscar analizar la situación actual del proceso de fumigación en la cadena de producción de Industrias Olanchanas S.A. para determinar los tiempos de las aplicaciones, la efectividad y uniformidad de los métodos actuales como también su influencia en los costos de producción para la aplicación de drones agrícolas en el proceso.

Estos datos fueron tomados en un periodo de tres semanas haciendo el aprovechamiento de la etapa de fumigación de los cultivos de maíz actuales representando la primera siembra del año en un total de terreno de 54.2 manzanas con tres repeticiones de aplicación por manzana la cual es necesaria en el proceso de fumigación, con el apoyo de un total de seis operadores fijos y de uno a dos operadores temporales en diferentes turnos para realizar el análisis de 31 aplicaciones.

#### 4.4. Análisis de las variables del método actual

A continuación, se detallan los resultados obtenidos de la situación actual encontrados en los tiempos, precisión de las aplicaciones del método actual de fumigación y su influencia o efecto en los costos de producción.

##### 4.4.1. Análisis del tiempo de las aplicaciones

En la tabla 5 se exponen los resultados obtenidos en la observación directa del proceso de fumigación, la cual comprende indicadores bases como lo es “descripción” que explica el método de fumigación utilizado; “orden de aplicación” que enumera la cantidad de aplicaciones observadas; “fecha” establece la fecha en la que fue recogido el dato; “Pago por operador por hora” es la remuneración que reciben los operadores por cada hora trabajada; “cantidad de operadores” es la cantidad de hombres que participaron en cada aplicación.

Las “manzanas alcanzadas con la aplicación” es la cantidad de terreno al que se le hizo la aplicación; y la “cantidad de horas totales empleadas” es la cantidad de horas que se invirtieron simultáneamente en la aplicación. Los últimos indicadores de la tabla nos explican la relación del tiempo y el costo de la mano de obra; siendo “Total de manzanas cubiertas por hora hombre” la cantidad de manzanas que un solo hombre logra cubrir en una hora; y el “Pago por mano de obra total” es el costo de mano de obra de cada método.

**Tabla 5. Resultados en tiempos de aplicación y alcance de terreno objetivo.**

Descripción	Orden de aplicación	Fecha	Pago por operador por hora	Cantidad de operadores	Manzanas alcanzadas con la aplicación	Cantidad de horas totales empleadas	Total de manzanas cubiertas por hora hombre	Pago por mano de obra total
Bomba de mochila	1	10 de febrero del 2020	L 150.00	4	3.20	4.00	0.20	L 2,400.00
	2	11 de febrero del 2020	L 150.00	5	4.15	5.00	0.17	L 3,750.00
	3	12 de febrero del 2020	L 150.00	5	3.50	4.50	0.16	L 3,375.00
	4	14 de febrero del 2020	L 150.00	5	4.19	5.00	0.17	L 3,750.00
	5	02 de marzo del 2020	L 150.00	5	4.23	5.00	0.17	L 3,750.00
	6	03 de marzo del 2020	L 150.00	6	3.77	4.50	0.14	L 4,050.00
Motobomba	7	10 de febrero del 2020	L 200.00	4	3.81	4.00	0.24	L 3,200.00
	8	10 de febrero del 2020	L 200.00	5	4.02	4.25	0.19	L 4,250.00
	9	17 de febrero del 2020	L 200.00	4	3.25	3.50	0.23	L 2,800.00
	10	18 de febrero del 2020	L 200.00	4	3.49	3.75	0.23	L 3,000.00
	11	19 de febrero del 2020	L 200.00	5	3.23	3.50	0.18	L 3,500.00
	12	20 de febrero del 2020	L 200.00	5	3.81	4.00	0.19	L 4,000.00
	13	21 de febrero del 2020	L 200.00	5	3.54	3.75	0.19	L 3,750.00
	14	24 de febrero del 2020	L 200.00	4	3.72	4.00	0.23	L 3,200.00
	15	25 de febrero del 2020	L 200.00	4	3.28	3.50	0.23	L 2,800.00
	16	26 de febrero del 2020	L 200.00	3	3.02	3.25	0.31	L 1,950.00

**(Continuación de Tabla 5. Resultados en tiempos de aplicación y alcance de terreno objetivo.)**

Descripción	Orden de aplicación	Fecha	Pago por operador por hora	Cantidad de operadores	Manzanas alcanzadas con la aplicación	Cantidad de horas totales empleadas	Total de manzanas cubiertas por hora hombre	Pago por mano de obra total
Motobomba	17	27 de febrero del 2020	L 200.00	4	3.20	3.50	0.23	L 2,800.00
	18	28 de febrero del 2020	L 200.00	5	3.66	4.00	0.18	L 4,000.00
Bum con tractor	19	10 de febrero del 2020	L 350.00	3	8.46	3.00	0.94	L 3,150.00
	20	11 de febrero del 2020	L 350.00	3	6.34	2.25	0.94	L 2,362.50
	21	14 de febrero del 2020	L 350.00	3	5.94	2.00	0.99	L 2,100.00
	22	10 de febrero del 2020	L 350.00	3	5.79	2.00	0.97	L 2,100.00
	23	12 de febrero del 2020	L 350.00	3	7.62	2.50	1.02	L 2,625.00
	24	17 de febrero del 2020	L 350.00	4	5.47	1.75	0.78	L 2,450.00
	25	18 de febrero del 2020	L 350.00	3	6.55	2.00	1.09	L 2,100.00
	26	19 de febrero del 2020	L 350.00	2	4.46	1.50	1.49	L 1,050.00
	27	19 de febrero del 2020	L 350.00	3	4.57	1.50	1.02	L 1,575.00
Bum autopropulsado	28	10 de febrero del 2020	L 375.00	3	10.67	1.75	2.03	L 1,968.75
	29	11 de febrero del 2020	L 375.00	2	12.04	2.00	3.01	L 1,500.00
	30	14 de febrero del 2020	L 375.00	3	8.91	1.50	1.98	L 1,687.50
	31	10 de febrero del 2020	L 375.00	3	10.67	1.75	2.03	L 1,968.75

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 6 observamos los promedios diarios de cada indicador obtenido por medio de la observación del proceso de fumigación, considerando la información obtenida en las 31 aplicaciones.

**Tabla 6. Promedios de resultados en tiempos de aplicación y alcance de terreno objetivo.**

Método de fumigación	Promedio de pago por operador por hora	Promedio de cantidad de operadores	Promedio de manzanas alcanzadas con la aplicación	Promedio de cantidad de horas totales empleadas	Promedio de total de manzanas cubiertas por hora hombre	Promedio de pago por mano de obra total
Bomba de mochila	L 150.00	5.00	3.84	4.67	0.17	L 3,512.50
Motobomba	L 200.00	4.33	3.50	3.75	0.22	L 3,270.83
Bum con tractor	L 350.00	3.00	6.13	2.06	1.03	L 2,168.06
Bum autopropulsado	L 375.00	2.75	10.57	1.75	2.26	L 1,781.25

Fuente: Elaboración propia.

Al analizar la variable de tiempo y su influencia en el costo de producción se encontró lo siguiente:

- El método de fumigación que requiere de más tiempo para su realización es el método de la bomba de mochila. En cambio, el bum autopropulsado muestra un mejor desempeño que el resto de los métodos.
- El método de fumigación de bum con tractor es otro de los métodos menos costosos en mano de obra representando únicamente un aumento del 22% en comparación al bum autopropulsado que es el más económico de los cuatro métodos utilizados.
- Siendo el método de fumigación con bum autopropulsado el que presento en promedio un gasto de alrededor L.1,700.00 en mano de obra, el cual es el menos costoso.
- El método de bomba de mochila es el método con menor rendimiento o productividad del proceso.

- El método de bum autopropulsado muestra el mejor rendimiento o productividad del proceso.
- La fumigación por medio de la bomba de mochila no requiere de diesel para su funcionamiento, lo cual permite empezar de inmediato el proceso de fumigación.
- Los métodos no se ven afectados por la mezcla de agua, pero tampoco brinda una ventana de tiempo para las aplicaciones.
- Se observó ausentismo en algunas fechas por parte de los operadores, por lo que se tuvo que realizar la fumigación con personal temporal que labora únicamente en las fechas en los que se le requiere, siendo recomendados de otros colaboradores de la empresa. Por este motivo los métodos de fumigación adquieren un aumento en la duración de la aplicación y, por ende, su rendimiento o productividad del proceso se ve reducido.
- El tiempo de las aplicaciones comienza a correr desde el momento que los operadores realizan el recorrido para ubicarse en el inicio planificado para el suelo objetivo de fumigación, lo cual les toma alrededor de 10 a 15 minutos.
- Existen demoras o tiempos muertos en los métodos de fumigación con motobomba, bum con tractor y bum autopropulsado que afectan el consumo de diesel, por ejemplo: la maquinaria se encuentra encendida y sin movimiento porque el operador está revisando el mapa o realizando cualquier actividad ajena a la fumigación.

#### 4.4.2. Análisis de la precisión de las aplicaciones

Para la construcción de esta información fue necesario realizar un análisis del precio actual de los productos utilizados en el proceso, y que para efectos de esta investigación se utilizó un promedio de los precios (*ver tabla 7*), ya que la aplicación del tipo de producto es variable y su costo no difiere significativamente entre los tipos de productos utilizados.

**Tabla 7. Precios de venta de Insumos Agrícolas.**

Producto	Presentación	Costo
Mustang	Litro	L 220.00
Glisofato 35.6 SL	Litro	L 150.00
Pronto	Litro	L 300.00
Silvacur combi	Litro	L 420.00

Fuente: (SAG, 2020).

Al tomar la sumatoria total de los precios de los productos se obtuvo como resultado la cifra de L.1,090.00 que se procedió a dividir entre la cantidad de productos a analizar, los cuales por conteo simple equivalen a cuatro, para así obtener como promedio de precio la cantidad de L.272.50. Cifra que ha sido utilizada en la tabla 8 para efectos de análisis, como el dato de precio de los productos de fumigación.

En la tabla 8 se presentan los datos obtenidos de las observaciones de las aplicaciones, los cuales se dividen en indicadores bases como lo es “descripción” que explica el método de fumigación utilizado; “orden de aplicación” que enumera la cantidad de aplicaciones observadas; y la “fecha” que establece la fecha en que fue recogido el dato. También cuenta con indicadores claves como lo son “manzanas alcanzadas con la aplicación” que se refiere a la cantidad de suelo objetivo que se alcanzó con el producto de fumigación; “cantidad de galones totales de producto empleados” que es igual a cantidad de plaguicidas y fungicidas que se utilizaron en el suelo objetivo; y el “total de galones por manzana utilizados” indica cuantos galones de producto se utilizaron para cubrir una manzana de suelo objetivo.

**Tabla 8. Resultados en precisión de la aplicación y alcance de terreno objetivo.**

Descripción	Orden de aplicación	Fecha	Costo del litro de producto en promedio	Manzanas alcanzadas con la aplicación	Cantidad de litros totales de producto empleadas	Litros utilizados por manzana	Total de inversión en producto	Total de pago por mano de obra	Total diesel consumido en lempiras
Bomba de mochila	1	10 de febrero del 2020	L 272.50	3.20	2.88	0.90	L 784.80	L 2,400.00	L -
	2	11 de febrero del 2020	L 272.50	4.15	3.65	0.88	L 995.74	L 3,750.00	L -
	3	12 de febrero del 2020	L 272.50	3.50	2.76	0.79	L 752.85	L 3,375.00	L -
	4	14 de febrero del 2020	L 272.50	4.19	3.65	0.87	L 993.46	L 3,750.00	L -
	5	02 de marzo del 2020	L 272.50	4.23	3.55	0.84	L 967.92	L 4,050.00	L -
	6	03 de marzo del 2020	L 272.50	3.77	3.24	0.86	L 883.83	L 3,200.00	L 275.76
Motobomba	7	10 de febrero del 2020	L 272.50	3.81	3.05	0.80	L 830.48	L 4,250.00	L 306.18
	8	10 de febrero del 2020	L 272.50	4.02	3.25	0.81	L 886.26	L 2,800.00	L 254.02
	9	17 de febrero del 2020	L 272.50	3.25	2.54	0.78	L 691.50	L 3,000.00	L 263.09
	10	18 de febrero del 2020	L 272.50	3.49	2.34	0.67	L 636.40	L 3,500.00	L 344.55
	11	19 de febrero del 2020	L 272.50	3.23	2.36	0.73	L 641.86	L 4,000.00	L 344.55
	12	20 de febrero del 2020	L 272.50	3.81	2.74	0.72	L 747.43	L 3,750.00	L 325.53
	13	21 de febrero del 2020	L 272.50	3.54	2.55	0.72	L 695.11	L 3,200.00	L 251.44
	14	24 de febrero del 2020	L 272.50	3.72	2.75	0.74	L 749.75	L 2,800.00	L 251.44
	15	25 de febrero del 2020	L 272.50	3.28	2.46	0.75	L 670.35	L 1,950.00	L 181.85
	16	26 de febrero del 2020	L 272.50	3.02	2.33	0.77	L 633.87	L 2,800.00	L 269.40

**(Continuación de la Tabla 8. Resultados en precisión de la aplicación y alcance de terreno objetivo.)**

Descripción	Orden de aplicación	Fecha	Costo del litro de producto en promedio	Manzanas alcanzadas con la aplicación	Cantidad de litros totales de producto empleadas	Litros utilizados por manzana	Total de inversión en producto	Total de pago por mano de obra	Total diesel consumido en lempiras
Motobomba	17	27 de febrero del 2020	L 272.50	3.20	2.53	0.79	L 688.88	L 4,000.00	L 347.98
	18	28 de febrero del 2020	L 272.50	3.66	2.67	0.73	L 727.50	L 3,150.00	L 748.44
Bum con tractor	19	10 de febrero del 2020	L 272.50	8.46	4.23	0.50	L 1,152.29	L 2,362.50	L 772.25
	20	11 de febrero del 2020	L 272.50	6.34	3.43	0.54	L 933.35	L 2,100.00	L 679.04
	21	14 de febrero del 2020	L 272.50	5.94	2.91	0.49	L 793.52	L 2,100.00	L 680.40
	22	10 de febrero del 2020	L 272.50	5.79	2.78	0.48	L 757.39	L 2,625.00	L 687.20
	23	12 de febrero del 2020	L 272.50	7.62	3.58	0.47	L 975.81	L 2,450.00	L 906.29
	24	17 de febrero del 2020	L 272.50	5.47	2.41	0.44	L 655.45	L 2,100.00	L 748.44
	25	18 de febrero del 2020	L 272.50	6.55	2.88	0.44	L 785.63	L 1,050.00	L 464.45
	26	19 de febrero del 2020	L 272.50	4.46	2.01	0.45	L 546.56	L 1,575.00	L 694.61
	27	19 de febrero del 2020	L 272.50	4.57	1.97	0.43	L 535.66	L 1,968.75	L 1,217.24
Bum autopulsado	28	10 de febrero del 2020	L 272.50	10.67	3.73	0.35	L 1,017.33	L 1,500.00	L 811.94
	29	11 de febrero del 2020	L 272.50	12.04	4.45	0.37	L 1,213.74	L 1,687.50	L 1,223.36
	30	14 de febrero del 2020	L 272.50	8.91	3.30	0.37	L 898.78	L 1,968.75	L 1,224.72
	31	10 de febrero del 2020	L 272.50	10.67	4.05	0.38	L 1,104.53	L 1,500.00	L 816.93

Fuente: Elaboración propia.

Luego de considerar toda la información obtenida para la variable de precisión, se procedió a analizar la misma como también su influencia en el costo de producción, encontrándose lo siguiente:

- El método de fumigación que cuenta con mayor precisión en la aplicación es el método de bum autopulsado teniendo un promedio de productividad operativa de 0.35 litros por manzana.
- La fumigación por medio de la bomba de mochila a pesar que no requiere de diesel para su funcionamiento y que cuenta con la inversión en mano de obra más baja, es un método que requiere de mayor cantidad de litros de producto por manzana, utilizando en promedio 0.90 litros por manzana objetivo, lo que aumenta el desperdicio del producto y el desaprovechamiento de la aplicación.
- El costo de inversión en promedio del producto por manzana trabajada de acuerdo al método de fumigación sea bomba de mochila, motobomba, bum con tractor y bum autopulsado es de L.571.01 por 3.20 manzanas; L.679.77 por 3.81 manzanas; L.1,509.09 por 8.46 manzanas y L.1,903.36 por 10.67 manzanas correspondientemente.
- El método de fumigación con bomba de mochila y motobomba cuentan con un rendimiento o productividad operativa bajo.
- El método de fumigación con bum con tractor, cuenta con un rendimiento o productividad operativa medio, siendo el bum autopulsado el método de fumigación más productivo en operatividad.
- A pesar que los métodos contienen la misma cantidad en litros de agua y se conoce que las medidas de los productos para fumigación oscilan entre 0.35 y 0.90 litros, es hasta el momento de la aplicación que se determina si la fórmula de fumigado requerirá o no más producto de fumigación para ampliar la cobertura del terreno y mejorar la efectividad de la aplicación.

- Las cantidades de agua siempre se mantienen por método y manzana objetivo. En el único momento que la métrica del agua es alterada, es cuando el suelo objetivo es mayor al planificado.
- En el proceso se observan posibles riesgos a la salud de los operadores con los métodos de fumigación actuales.
- Se está implementando con mayor regularidad el uso de herbicidas como parte de la preparación del terreno, lo cual asegura una mejor precisión de los métodos de fumigación futuros.
- Todos los métodos mostraron desperdicio de productos durante las fumigaciones.

#### 4.4.3. Análisis del costo

En la tabla 9 se observa un promedio del costo de fumigación diario según el método utilizado basado en una aplicación, tomando en cuenta que cada aplicación debe contar con tres repeticiones, el valor o inversión en la aplicación aumenta su valor considerablemente (*ver tabla 10*).

**Tabla 7. Promedios de costos por método de fumigación.**

Métodos de fumigación	Promedio de total de inversión en producto	Promedio de total de pago por mano de obra	Promedio de total diesel consumido en lempiras	Promedio de total de la inversión
Bomba de mochila	L 571.01	L 2,400.00	L 0.00	L 2,971.01
Motobomba	L 679.77	L 4,250.00	L 306.18	L 5,235.95
Bum autopulsado	L 1,903.36	L 1,500.00	L 811.94	L 4,215.30
Bum con tractor	L 1,509.09	L 2,362.50	L 772.25	L 4,643.85

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 8. Costos subtotales de fumigación de la observación.**

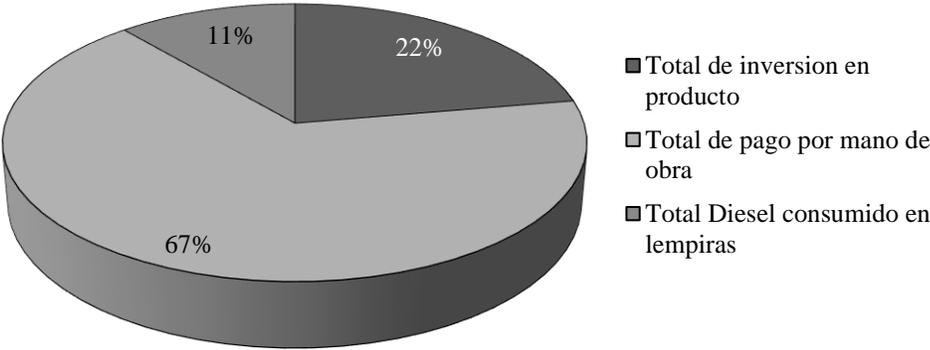
Descripción	Orden de aplicación	Total de inversión en producto	Total de pago por mano de obra	Total diesel en lempiras	Total de la inversión
Bomba de mochila	1	L 571.01	L 2,400.00	L 0.00	L 2,971.01
	2	L 740.95	L 3,750.00	L 0.00	L 4,490.95
	3	L 624.03	L 3,375.00	L 0.00	L 3,999.03
	4	L 747.75	L 3,750.00	L 0.00	L 4,497.75
	4	L 747.75	L 3,750.00	L 0.00	L 4,497.75
	5	L 754.55	L 4,050.00	L 0.00	L 4,804.55
Motobomba	6	L 672.97	L 3,200.00	L 275.76	L 4,148.73
	7	L 679.77	L 4,250.00	L 306.18	L 5,235.95
	8	L 716.48	L 2,800.00	L 254.02	L 3,770.50
	9	L 580.52	L 3,000.00	L 263.09	L 3,843.61
	10	L 621.99	L 3,500.00	L 344.55	L 4,466.54
	11	L 575.77	L 4,000.00	L 344.55	L 4,920.32
	12	L 679.77	L 3,750.00	L 325.53	L 4,755.30
	13	L 632.19	L 3,200.00	L 251.44	L 4,083.63
	14	L 663.46	L 2,800.00	L 251.44	L 3,714.90
	15	L 585.28	L 1,950.00	L 181.85	L 2,717.13
16	L 539.06	L 2,800.00	L 269.40	L 3,608.46	

**(Continuación de Tabla 10. Costos subtotales de fumigación de la observación.)**

Descripción	Orden de aplicación	Total de inversión en producto	Total de pago por mano de obra	Total diesel en lempiras	Total de la inversión
Motobomba	17	L 571.01	L 4,000.00	L 347.98	L 4,918.98
	18	L 652.58	L 3,150.00	L 748.44	L 4,551.02
Bum con tractor	19	L 1,509.09	L 2,362.50	L 772.25	L 4,643.85
	20	L 1,131.82	L 2,100.00	L 679.04	L 3,910.86
	21	L 1,060.44	L 2,100.00	L 680.40	L 3,840.84
	22	L 1,033.25	L 2,625.00	L 687.20	L 4,345.46
	23	L 1,359.54	L 2,450.00	L 906.29	L 4,715.84
	24	L 975.47	L 2,100.00	L 748.44	L 3,823.91
	25	L 1,169.21	L 1,050.00	L 464.45	L 2,683.66
	26	L 795.33	L 1,575.00	L 694.61	L 3,064.95
	27	L 815.73	L 1,968.75	L 1,217.24	L 4,001.71
Bum autopropulsado	28	L 1,903.36	L 1,500.00	L 811.94	L 4,215.30
	29	L 2,148.08	L 1,687.50	L 1,223.36	L 5,058.94
	30	L 1,590.67	L 1,968.75	L 1,224.72	L 4,784.14
	31	L 1,903.36	L 1,500.00	L 816.93	L 4,220.29

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla anterior, el proceso actual de fumigación que fue objeto de observación para esta investigación tuvo un costo operacional que incluye los productos de fumigación, los galones de diesel y la mano de obra de operadores por un monto total de L.133,305.83. Estos costos de operaciones se reparte mayormente el pago por mano de obra, seguido por el gasto en la inversión del producto utilizado para la fumigación y por último tiene una menor significancia lo invertido en los galones de diesel consumidos para la operación de los métodos (*ver fig. 18*).



**Figura 18. Costos de operación del método actual**

Fuente: Elaboración propia.

En el proceso de fumigación también es importante realizar la consideración de otros costos operativos; estos costos operativos consideran personal auxiliar que trabaja por día que es mejor conocido como “personal diyero” que son los que realizan las labores de lavado de los métodos para conservar la pureza de la aplicación y evitar contaminación con los productos, así mismo, realizan labores de apoyo para el acarreo de agua desde las fuentes naturales de Industrias Olanchanas S.A. y la Escuela El Sembrador; realizan las mezclas de las aplicaciones y se aseguran de entregar a cada operador el producto óptimo para realizar los aplicativos.

También son incluidos los costos de revisiones preventivas para asegurar el buen funcionamiento de los métodos; para el caso de revisiones correctivas, generalmente se cubren correctivos menores ya que los mayores son realizados por el taller de Industrias Olanchanas S.A.

Otro costo de operación a considerar es el alquiler de tractores para llevar a cabo la labor puesto que Industrias Olanchanas S.A. y la Escuela El Sembrador, actualmente cuentan con solamente 2 tractores aptos para las labores; por lo que dependiendo del plan de fumigación se considera la renta de tractores que cuenten con las especificaciones requeridas para las labores.

**Tabla 9. Otros costos operativos actuales**

Personal auxiliar				
Descripción	Cantidad	Pago por día	Sub total	Total
Semana del 10 al 15 de febrero	29	L 230.00	L 6,670.00	L 13,110.00
Semana del 17 al 22 de febrero	18	L 230.00	L 4,140.00	
Semana del 24 al 29 de febrero	6	L 230.00	L 1,380.00	
Semana del 02 al 07 de marzo	4	L 230.00	L 920.00	
Revisiones de maquinaria				
Mantenimientos preventivos (incluye materiales)	2	L 3,550.00	L 7,100.00	L 12,720.00
Mantenimientos correctivos (solo mano de obra)	1	L 4,700.00	L 4,700.00	
Repuesto	1	L 920.00	L 920.00	
Equipo de protección individual				
Mascaras	10	L 415.00	L 4,150.00	L 15,615.00
Guante de nitrilo (pares)	15	L 290.00	L 4,350.00	
Botas de hule (pares)	5	L 132.00	L 660.00	
Lentes	25	L 176.00	L 4,400.00	
Capuchas	5	L 411.00	L 2,055.00	
Alquiler de unidades para fumigación				
Tractor 5090F (para 6 días)	2	L 1,420.00	L 8,520.00	L 22,135.00
Tractor 5090 GV (para 7 días)	2	L 1,945.00	L 13,615.00	
Total de inversion				L 63,580.00
* Impuestos sobre venta incluidos				

Fuente: Industrias Olanchanas S.A.

Estos costos operativos secundarios son necesarios para asegurar la efectividad y buen funcionamiento de los procesos de fumigación, además que, son costos variables y prescindibles al momento que se desee realizar un recorte de gastos.

Tomando todos los costos incurridos, se obtiene aproximadamente un aumento del 45% al 50% al momento de considerar los costos secundarios de operación en relación a los costos operativos de fumigación (*ver tabla 12*).

**Tabla 10. Costos totales de fumigación.**

Descripción del gasto	Total
Producto	L 29,752.24
Diesel	L 15,091.10
Mano de obra	L 88,462.50
Personal diyero	L 13,110.00
Mantenimientos maquinaria	L 12,720.00
EPI	L 15,615.00
Alquiler de maquinaria	L 22,135.00
Total	L 196,885.83

Fuente: Industrias Olanchanas S.A.

#### 4.5. Análisis de las variables con el drone agrícola como método

Para el correcto análisis de los costos de fumigación con la aplicación de drone agrícola, Industrias Olanchanas S.A. proporcionó la información técnica y características de dos modelos de drone cotizados con la empresa Latitude Solutions S.A. ubicada en El Salvador, quien recientemente está ingresando a Honduras sus modelos de aeronaves no tripuladas para el sector agro (*ver tabla 13*).

**Tabla 11. Especificaciones de drones agrícolas.**

Características	AGRAS MG 1P	DJI AGRAS T16
Manzanas por hora	8.5	14.28
Capacidad en Litros	10	16
Tiempo en vuelo (minutos)	10	10
Manzanas en ese tiempo	1.42	2.38
Potencia de la batería	12000P	17000P
Consumo eléctrico del aparato	6400 W	5600 W
Tamaño máx. de la batería (milímetro)	151x195x70	171x195x80
Boquillas modelo	TX-VK8	XR110015VS
Descarga total (litros por minuto)	0.525	4.8
Tamaño de la gota ( $\mu\text{m}$ )	130 – 250	130 – 250
Cantidad de boquillas	4	8
Duración del periodo de carga en minutos	60	20
Resistente al agua	Si	Si
Inversion	L 252,430.50	L 366,210.75
Incluye	Software, boquillas, soporte técnico por 1 año y garantía por 10 años.	Software, boquillas, soporte técnico por 2 años y garantía por 10 años.

Fuente: Industrias Olanchanas S.A.

El AGRAS MG 1P es un dron de fumigación agrícola de volumen medio, diseñado para funcionar en vista de primera persona para proporcionar una experiencia de fumigado controlado. Su construcción cuenta con cuatro boquillas de liberación de producto, lo que asegura una uniformidad en la aplicación de producto. También, es a partir de este modelo que su control remoto cuenta con la facilidad de manejar hasta cuatro drones de modelo similar, lo que asegura una mayor productividad al ser manejados simultáneamente por una sola persona (*ver fig. 19*).



**Figura 19. Drone agrícola: AGRAS MG 1P**

Fuente: (Da-Jiang Innovations, 2020)

En cambio, el DJI AGRAS T16 ha sido diseñado de una forma más robusta para acarrear altos volúmenes de producto de fumigación y el alcance de suelos objetivos amplios. En su construcción cuenta con ocho boquillas de liberación de producto y amplios sistemas de precisión por medio de un software de alta tecnología capaz de estructurar una liberación de producto focalizada y de alta uniformidad sobre un suelo objetivo de fumigación (*ver fig. 20*).



**Figura 20. Drone agrícola: DJI AGRAS T16**

Fuente: (Da-Jiang Innovations, 2020)

En base a esta información se realizó un pronóstico de comportamiento de las variables tiempo, precisión y costos, considerando las características del drone AGRAS MG 1P ya que cuenta con la propuesta económica más accesible para Industrias Olanchanas S.A.

#### 4.5.1. Análisis de tiempos del método propuesto

Se consideró la información del suelo objetivo que se compone por el tamaño de los 10 lotes que se fumigaran haciendo un total de 54.20 manzanas; también se consideró la información de las repeticiones de aplicación a realizar que en este método se disminuye a solamente dos aplicaciones debido al tamaño de la gota expulsada por las boquillas; y se calculó el área manzanas total, expresando el dato de terreno objetivo a trabajar considerando sus repeticiones (108.40 manzanas).

En cuanto a la información de capacidad del drone, se tomó la cualidad técnica de manzanas recorridas en 10 minutos, para obtener la capacidad de vuelo del drone antes de necesitar una nueva carga, la cual dura 60 minutos; sin dejar a un lado la capacidad de recorrido que consiste en la cantidad de veces que estará en funcionamiento el drone realizando la aplicación sobre el terreno objetivo y también la cantidad de veces que este necesitará de recurrir a la recarga de su batería durante 60 minutos (5,343.66 minutos en total). Brindando así la cantidad total de días de trabajo (11 días) en base a jornadas de 8 horas por día (*ver tabla 14*).

Para la operación de los drones agrícolas es necesaria únicamente la supervisión y puesta en marcha de dos personas que cuenten con conocimientos especializados en la tecnología que conlleva la utilización de drones, conocimiento de vuelo de VANT y experiencia en el campo agronómico. Por lo que la mano de obra por hora trabajada, obtiene un valor más alto, remunerándose a un valor de L.400.00 por hora trabajada para cada operador respectivamente.

También se tomó en cuenta la cantidad de energía eléctrica que utilizara el drone durante los momentos de carga en los 11 días de trabajo, considerando el costo del watt obteniendo un consumo aproximado de L.960.00 en el periodo total de fumigación. Cabe resalta que este es un costo que se puede obviar ya que Industrias Olanchanas S.A. cuenta con su propia fuente de energía hidroeléctrica capaz de abastecer zonas de carga en los campos. Constituyendo una gran necesidad la habilitación de estaciones de carga en los campos para poder realizar un funcionamiento estratégico de los drones.

**Tabla 12. Análisis de tiempos de aplicación con drones agrícolas.**

Nombre del lote	Suelo objetivo			Capacidad del dron			Análisis de tiempo		
	Suelo objetivo en manzanas	Repeticiones para aplicación	Área de manzanas total	Manzanas recorridas en 10 minutos	Cantidad de recorridos	Duración del período de carga en minutos	Tiempo de aplicación en minutos	Tiempos de carga total en minutos	Tiempo total de aplicación en minutos
Lote 1 (La Vega)	5.3	2	10.6	1.42	7.46	60.00	74.65	447.89	522.54
Lote 2 (La Hena)	5.7	2	11.4	1.42	8.03	60.00	80.28	481.69	561.97
Lote 3 (El Cablotal)	5.4	2	10.8	1.42	7.61	60.00	76.06	456.34	532.39
Lote 4 (Ciruelos)	5.1	2	10.2	1.42	7.18	60.00	71.83	430.99	502.82
Lote 5 (La Herradura)	5.3	2	10.6	1.42	7.46	60.00	74.65	447.89	522.54
Lote 6 (El Heno)	5.7	2	11.4	1.42	8.03	60.00	80.28	481.69	561.97
Lote 7 (La Harada)	5.3	2	10.6	1.42	7.46	60.00	74.65	447.89	522.54
Lote 8 huerto escolar	5.2	2	10.4	1.42	7.32	60.00	73.24	439.44	512.68
Lote 9 huerto escolar	6.1	2	12.2	1.42	8.59	60.00	85.92	515.49	601.41
Lote 10 huerto escolar	5.1	2	10.2	1.42	7.18	60.00	71.83	430.99	502.82
Totales							<u>763.38</u>	<u>4580.28</u>	<u>5343.66</u>
Días de trabajo									<u>11.13</u>

Fuente: Elaboración propia.

Para establecer la influencia del tiempo en los costos de producción con este método es necesario considerar el nuevo pago de mano de obra, la cantidad de horas por jornadas y días necesarios para alcanzar el suelo objetivo; lo cual brinda el costo de la hora hombre y la inversión total en mano de obra (*ver tabla 15*).

**Tabla 13. Influencia del tiempo en los costos de producción.**

Concepto	Cantidades
Días a trabajar	11.13
Cantidad de operadores por días	2
Horas laborables por día	8
Costo de la hora hombre	L 400.00
Total de horas a trabajar	89.06
Total de horas hombre	178.12
Total de inversión en mano de obra	<u>L 71,248.83</u>

Fuente: Elaboración propia.

La implementación del dron agrícola, demuestra un ahorro del 19.50% en la mano de obra en comparación a los métodos actuales, disminuyendo también consigo aspectos de riesgo para la salud y de tiempos muertos (*ver tabla 16*).

**Tabla 14. Comparativo de inversión en mano de obra.**

Descripción	Inversión
Método anterior	L 88,462.50
Método propuesto	L 71,248.83

Fuente: Elaboración propia.

La disminución en los operadores, las horas requeridas de trabajo y las características aplicativas del dron permiten que exista un ahorro en el costo de mano de obra, las cuales son cualidades que los métodos actuales de aplicación no cumplen.

#### 4.5.2. Análisis de la precisión del método propuesto

El AGRAS MG 1P cuenta con la bondad de estar estructurado con 4 boquillas ubicadas en una separación de 90 grados para asegurar una aplicación más uniforme con una presión de compuesta por gotas de 130 a 150  $\mu\text{m}$ , con un alcance de 7 metros de distancia; disminuyendo así la cantidad de producto total utilizado en el proceso de fumigación (*ver tabla 17*).

**Tabla 15. Análisis de precisión de las aplicaciones con drone agrícola.**

Nombre del lote	Suelo objetivo			Precisión del método	
	Suelo objetivo en manzanas	Repeticiones para aplicación	Área de manzanas total	Cantidad de producto a aplicar en litros por manzana	Total de litros de producto a aplicar
Lote 1 (La Vega)	5.3	2	10.6	0.60	6.36
Lote 2 (La Hena)	5.7	2	11.4	0.60	6.84
Lote 3 (El Cablotal)	5.4	2	10.8	0.60	6.48
Lote 4 (Cirguelos)	5.1	2	10.2	0.60	6.12
Lote 5 (La Herradura)	5.3	2	10.6	0.60	6.36
Lote 6 (El Heno)	5.7	2	11.4	0.60	6.84
Lote 7 (La Harada)	5.3	2	10.6	0.60	6.36
Lote 8 huerto escolar	5.2	2	10.4	0.60	6.24
Lote 9 huerto escolar	6.1	2	12.2	0.60	7.32
Lote 10 huerto escolar	5.1	2	10.2	0.60	6.12
					<u>65.04</u>

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se evalúan los aspectos de cobertura de las aplicaciones con el método propuesto, considerando el total de manzanas por cubrir incluyendo las repeticiones de la aplicación y la cantidad de producto que incluye la formula.

Para poder describir el efecto de la precisión de las aplicaciones en los costos de producción, es necesario hacer la comparativa de la cantidad de litros de producto que se requieren para realizar las aplicaciones sobre el suelo objetivo con drones agrícolas y el costo del producto en promedio que se ha tomado como dato para el análisis de precisión (*ver tabla 18*).

**Tabla 16. Influencia de la precisión de las aplicaciones en los costos de producción.**

Nombre del Lote	Total de litros de producto a aplicar	Costo del litro de producto en promedio	Total de inversión en producto
Lote 1 (La Vega)	6.36	L 356.88	L 2,269.76
Lote 2 (La Hena)	6.84	L 356.88	L 2,441.06
Lote 3 (El Cablotal)	6.48	L 356.88	L 2,312.58
Lote 4 (Cirguelos)	6.12	L 356.88	L 2,184.11
Lote 5 (La Herradura)	6.36	L 356.88	L 2,269.76
Lote 6 (El Heno)	6.84	L 356.88	L 2,441.06
Lote 7 (La Harada)	6.36	L 356.88	L 2,269.76
Lote 8 huerto escolar	6.24	L 356.88	L 2,226.93
Lote 9 huerto escolar	7.32	L 356.88	L 2,612.36
Lote 10 huerto escolar	6.12	L 356.88	L 2,184.11
			L 23,211.48

Fuente: Elaboración propia.

Al analizar el gasto en la compra de productos de fumigación en el método actual, identificamos que con la implementación del dron agrícola, se puede obtener un ahorro del 32% en la inversión de productos para fumigación, disminuyendo también consigo aspectos de desperdicio de producto y uniformidad de la aplicación (*ver tabla 19*).

**Tabla 17. Comparativo de inversión en producto.**

Descripción	Inversión
Método anterior	L 34,468.27
Método propuesto	L 23,211.48

Fuente: Elaboración propia.

El alcance técnico del dron, sus características aplicativas y la mejora en la uniformidad de la fumigación, permiten que exista un ahorro en la inversión de plaguicidas y fungicidas; las cuales son cualidades que los métodos actuales de fumigación no cumplen.

#### 4.5.3. Análisis de costos del método propuesto

De acuerdo a la información pronosticada para los costos de mano de obra e inversión de producto del método de fumigación por medio de drone, se identifica que los costos de fumigación en el método propuesto se ven disminuidos en un 28.45% ya que existe un ahorro en la compra de producto y el pago de horas hombre trabajadas así como también la cantidad de operativos que son necesarios para desarrollar el método de fumigación; y se evidencia la erradicación del uso de diesel para el uso de la herramienta, siempre teniendo en cuenta una mínima inversión en el pago de energía eléctrica para mantener en funcionamiento el drone (*ver tabla 20*).

**Tabla 20. Costos del método propuesto.**

Concepto	Monto
Mano de obra	L 71,248.83
Producto	L 23,211.48
Energía eléctrica	L 921.60
Otros	L 690.00
Total	<u>L 96,071.90</u>

Fuente: Elaboración propia.

En base a la tabla anterior se realizó un análisis del efecto en los costos con el uso del drone agrícola; que considera los costos de mano de obra, la inversión en diesel o consumo de energía eléctrica, inversión en productos de fumigación y los costos secundarios relacionados a la correcta operatividad del proceso de fumigación; estructurando una comparativa en los costos del proceso de los métodos actuales obtenidos mediante los presentes análisis versus el método de la propuesta, con su respectivo indicativo de ahorro en porcentaje (*ver tabla 21*).

Obteniendo así un ahorro total por el método propuesto de un 51% o L100,813.93, siendo el gasto por energía eléctrica que representa una inversión de L.921.60, el único costo que no influye favorablemente.

**Tabla 21. Detalle de ahorro por proceso de fumigación.**

Descripción del gasto	Método Actual	Método Propuesto	Ahorro	%
Operadores	10	2	8	80%
Tractores	6	0	6	100%
Producto	L 29,752.24	L 23,211.48	L 6,540.76	22%
Diesel	L 15,091.10	L 0.00	L 15,091.10	100%
Consumo de Watts	L 0.00	L 921.60	-L 921.60	0%
Mano de Obra	L 88,462.50	L 71,248.83	L 17,213.67	19%
Personal diyero	L 13,110.00	L 690.00	L 12,420.00	95%
Mantenimientos Maquinaria	L 12,720.00	L 0.00	L 12,720.00	100%
EPI	L 15,615.00	L 0.00	L 15,615.00	100%
Alquiler de Maquinaria	L 22,135.00	L 0.00	L 22,135.00	100%
Total	<u>L 196,885.83</u>	<u>L 96,071.90</u>	<u>L100,813.93</u>	<u>51%</u>

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.6. Análisis causales de variables del método actual

Las variables objetivo a pesar de ser independientes, sus efectos tienen una similar relación puesto que todas influyen directamente en la cadena productiva, específicamente en el proceso de control de plagas y enfermedades.

Para ello es necesario identificar las variables de acuerdo a su influencia positiva o negativa en el proceso. Para el caso las variables de tiempo y precisión del método actual generan un efecto negativo en la cadena productiva; al contrario de la implementación de drones agrícolas el cual tiene un efecto positivo sobre la variable dependiente.

##### 4.6.1. Análisis de las variables desde sus causas y efectos

Variable tiempo, precisión y sus causas:

- Influencia del tiempo en los métodos actuales.
- El papel que juega la precisión de los métodos actuales.
- La implementación de drones agrícolas.

Variable tiempo, precisión y sus efectos:

- Altos costos en el proceso de fumigación.
- Largos ciclos de fumigaciones.
- Aumento de demanda de mano de obra.
- Poca agilidad de respuesta ante plagas y enfermedades.
- No se logra la uniformidad deseada en las aplicaciones.
- Genera desperdicio de producto.

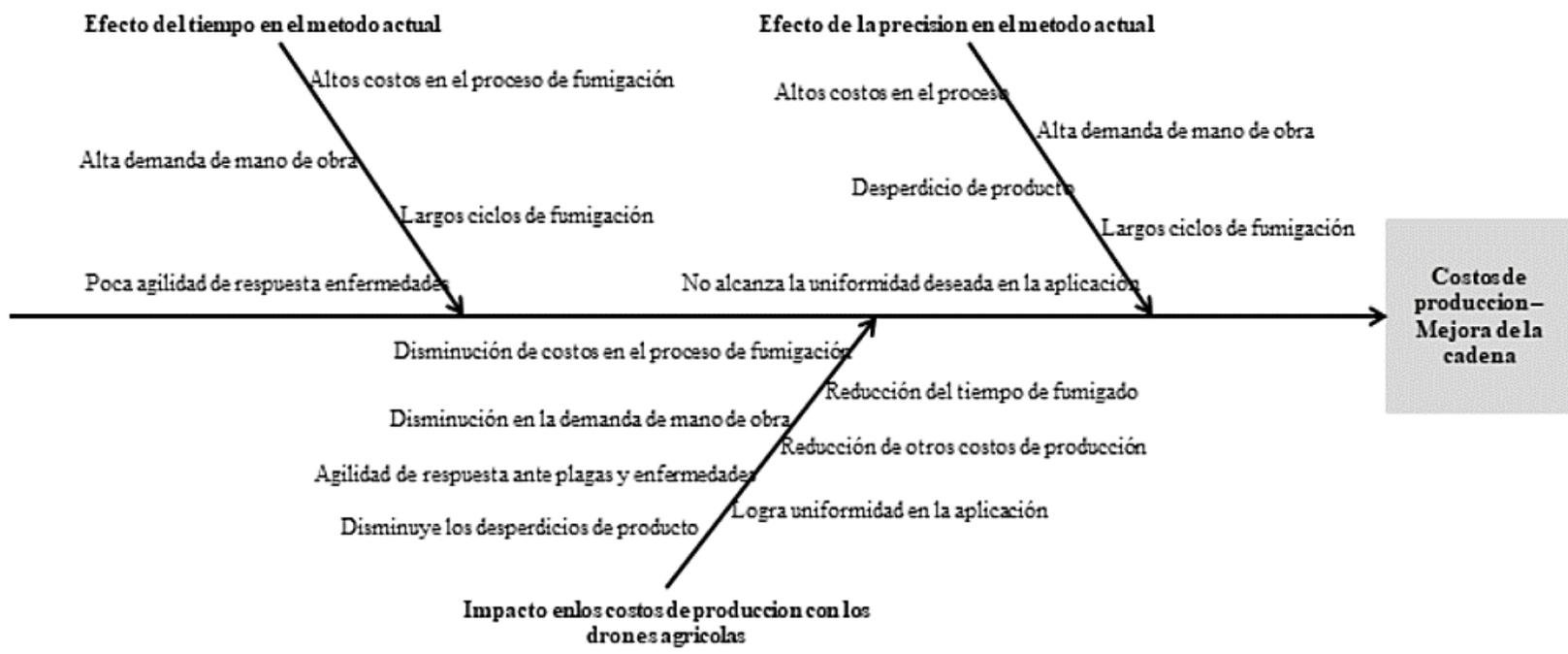
Variable costo y su causa:

- Efecto en los costos de producción con la implementación de drones agrícolas.

Variable costo y sus efectos:

- Disminución de costos en el proceso de fumigación.
- Reducción del tiempo de fumigado.
- Disminución en la demanda de mano de obra.
- Reducción de otros costos de producción.
- Agilidad de respuesta ante plagas y enfermedades.
- Logro de uniformidad en las aplicaciones.
- Disminución de desperdicios de producto.

En base al establecimiento de estas causas y efectos que influyen directamente en la cadena productiva de Industrias Olanchanas S.A., así como también, el efecto de los costos con la implementación de drones de uso agrícola; se ha simplificado un análisis de los efectos en base a las tres variables causales propuestas que son el tiempo, la precisión y el efecto en los costos productivos; para explicar gráficamente de qué manera ese efecto influye al final en la mejora de la cadena o costos totales productivos (*ver fig. 21*).



**Figura 21. Diagrama de causa-efecto costos de producción y mejora de la cadena.**

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.6.2. Análisis de las variables desde sus indicadores

Basado en la premisa que existen indicadores que realizan la medición para cada variable, es posible identificar si el método actual realmente alcanza un valor final de satisfacción; partiendo de los datos obtenidos y de los análisis realizados en los incisos anteriormente descritos para obtener una medición confiable de las variables dependientes.

Para los métodos actuales de fumigación, la variable tiempo muestra un promedio de 2.07 manzanas alcanzadas en base a una hora hombre trabajada, alcanzando un nivel de satisfacción en productividad media según la administración de la producción.

La variable de precisión en las aplicaciones de las fumigaciones, muestra un promedio de 0.64 litros de producto utilizados por manzana, alcanzando un nivel de satisfacción en productividad media según la administración de las operaciones.

La variable del efecto de los costos con la aplicación de drones agrícolas en el proceso de fumigación, alcanza un valor final de satisfacción alta con un ahorro de 28.45%.

#### 4.7. Propuesta de mejora

En esta sección se expone la propuesta de implementación de drones agrícolas como una mejora a la cadena de producción, en aplicaciones de plaguicidas y fungicidas en la empresa.

##### 4.7.1. Objetivos de la propuesta

1. Reducir los tiempos de aplicación de plaguicidas y fungicidas en la cadena de producción de la empresa como el método de aplicación más eficiente.
2. Aumentar la precisión de las aplicaciones de fungicidas y plaguicidas en la cadena de producción de la empresa para reducir costos por la inestabilidad de las dosis.
3. Reducir los costos de producción en el proceso de control de plagas y enfermedades.

#### 4.7.2. Estrategias para la puesta en marcha de la propuesta

- Cambiar en su totalidad el esquema de aplicación, incurriendo en planificaciones y programaciones específicas para esta operación en la cadena de producción de la empresa Industrias Olanchanas S.A.
- Descartar en su totalidad el uso de implementos agrícolas como son los pulverizadores, tales como de mochila, motobomba, pulverizador halado por un tractor agrícola y pulverizador autopropulsado.
- Descartar la demanda de un tractor agrícola.
- Disminuir la demanda de operadores agrícolas.
- Modificar el esquema en la planificación o programación en la cadena de producción de la empresa Industrias Olanchanas S.A. para la aplicación de fungicidas y plaguicidas.
- Cambiar el esquema de acarreo de agua y de producto al lote de aplicación.

#### 4.7.3. Beneficios de la implementación de la propuesta

- Esquema de aplicación de plaguicidas y fungicidas más enfocado.
- Delegar personal profesional para la supervisión del nuevo esquema. Con este personal ya cuenta la empresa.
- Menor costo en la aplicación en la cadena de producción.
- Reducción de los tiempos de aplicación de fungicidas y plaguicidas.

- Establecer parámetros de precisión en cuanto al uso de productos utilizados en la fumigación para plagas y enfermedades, dado que lo trae el nuevo esquema a utilizar.
- Cero inversiones de diesel y pago de tractores agrícolas para ejecutar esta labor.
- Se reduce el uso de agua de una manera considerable, estableciendo parámetros de control y siendo parte del uso eficiente de los recursos.
- Mejorar rendimiento por la efectividad de aplicación del método recomendado.

#### 4.7.4. Implementación de los cambios

La presente propuesta va acompañada de una planificación estratégica que considera el paso a paso de actividades principales, asignación de recursos necesarios (monetarios como humano), decisiones importantes y la asignación de nuevos responsables (por departamento o puesto de trabajo).

##### 4.7.4.1. Cronograma de implementación

Se definieron las actividades necesarias para llevar a cabo una implementación efectiva y estratégica, considerando como fecha tentativa de inicio el día lunes 04 de mayo 2020 con una duración de seis semanas aproximadamente y un presupuesto menor a L.65,000.00 para la realización de las actividades planteadas en el cronograma, que varían desde actividades de planificación, toma de decisiones, cotizaciones, acciones de personal, etc.

También se realizó la asignación de nuevas responsabilidades los puestos de trabajo ya existentes dentro de la empresa en el departamento de alimentos, con la descripción de las actividades para poder generar un mejor control en los avances y no perder la línea estratégica de cada actividad relacionada a la operatividad de los drones agrícolas (*ver fig. 22*).



#### 4.7.5. Detalle de los cambios a realizar

En la presente información se detalla el mapa de seguimiento en conjunto a los cambios a realizar para posteriormente delegar responsables del nuevo esquema de ejecución en la cadena de producción de la empresa Industrias Olanchanas S.A.

##### 4.7.5.1. Nuevo esquema en el proceso de fumigación

Establecer un nuevo esquema de producción nos permite cambiar el método o el implemento a utilizar en la cadena de producción. Lo que nos conlleva a la reestructura en el manejo del tiempo de aplicación, siendo este más eficiente debido a la mejora del nuevo método empelado como lo es el dron agrícola. A continuación, los beneficios del nuevo esquema:

- Mayor área de aplicación por día.
- Menor uso del recurso agua.
- Menor pérdida de tiempo por el acarreo de grandes cantidades de agua.
- Validar la aplicación en los tiempos estipulados.
- Una programación de las aplicaciones muy precisas.
- Punto de inicio en campo más efectivo.

Se define como responsables:

##### Jefe de alimentos

Se delega bajo su cargo el dron agrícola, ya que es un implemento que requiere de conocimiento técnico operacional y que en este caso es la persona capacitada para supervisar el vuelo al momento de programar las aplicaciones; como también de coordinar las capacitaciones de los operadores.

##### Asistente de alimentos

Se delega bajo su cargo la recolección y entrega de las hojas de control de operación en campo de aplicaciones.

	<b>Control de operación en campo de aplicaciones</b>									
Hora de inicio: <input style="width: 100px;" type="text"/>	Hora de finalización: <input style="width: 100px;" type="text"/>									
Operador 1: <input style="width: 150px;" type="text"/>	Operador 2: <input style="width: 150px;" type="text"/>									
Fecha	Vuelo	Lote	Area del lote abarcada	Tiempo de actividad	Cultivo	Producto a aplicar	Cantidad de producto	Costo del producto	Tiempo de carga	Observaciones
/ /	#1									
/ /	#2									
/ /	#3									
/ /	#4									
/ /	#5									
/ /	#6									
/ /	#7									
<b>Elaborado por:</b> <input style="width: 90%;" type="text"/>										
<b>Supervisado por:</b> <input style="width: 90%;" type="text"/>										
<b>Comentarios:</b> <input style="width: 90%; height: 40px;" type="text"/>										

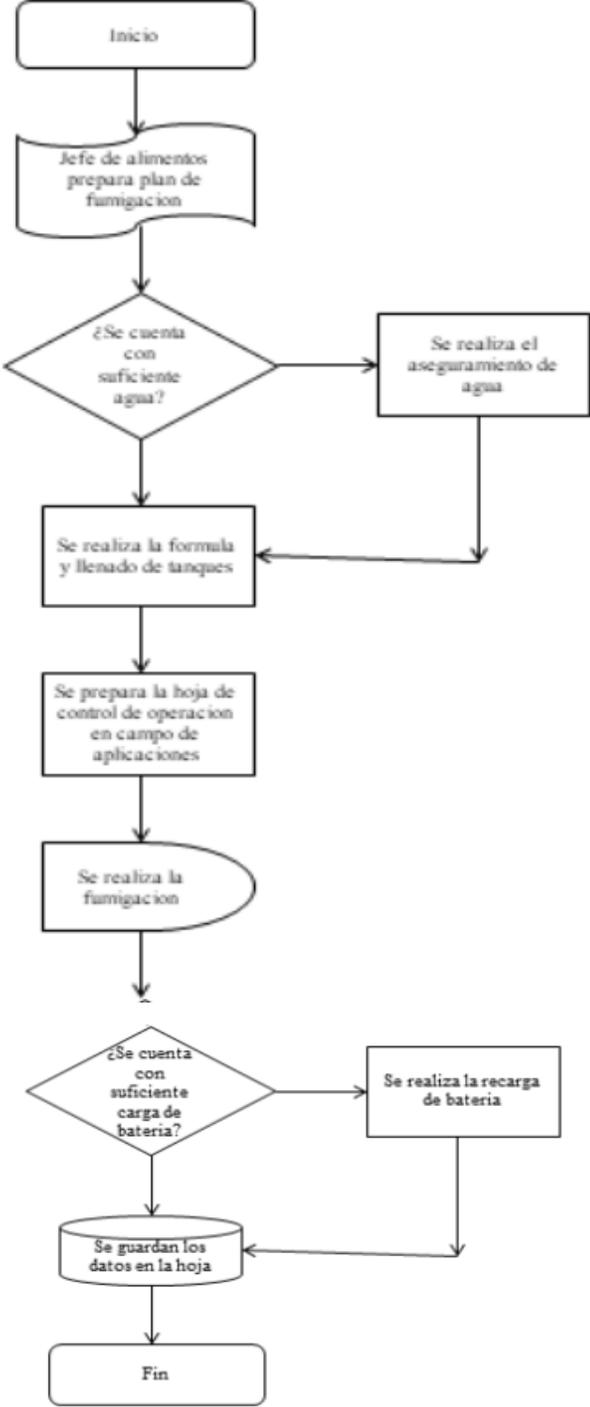
**Figura 23. Formato de control de operación en campo de aplicación.**

Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior, observamos un formato que se desarrolló como una forma de control del rendimiento de las aplicaciones al que se le denominó “Control de operación en campo de aplicaciones”, el cual se debe ejecutar con una frecuencia diaria al iniciar las aplicaciones con el objetivo de obtener información relevante a la aplicación y tener una fuente de información real y medible del desempeño del dron.

El nuevo esquema de registro de información, nos permite tabular una información más clara y objetiva de la operación o actividad. A continuación, se describen los indicadores establecidos en este análisis de la propuesta, que nos permitirán sentar precedentes de la mejora propuesta.

4.7.5.2. Nuevo diagrama de flujo



Fuente: Elaboracion propia.

#### 4.7.6. Análisis de la inversión

En base a la información cuantitativa obtenida por medio del pronóstico de las variables del método propuesto, se puede realizar un análisis financiero que considera el retorno de la inversión y la definición del verdadero beneficio a obtener con la aplicación de la mejora.

##### 4.7.6.1. Inversión inicial

Se considera como inversión inicial la compra del dron AGRAS MG 1P por un monto total de L.252,430.50 o su equivalente en dólares norteamericanos 10,466.00 \$USD, precio que no debe incrementar por un plazo de 1 año de acuerdo a la información proporcionada por Industrias Olanchanas S.A. y que consta de servicios de soporte técnico, garantía y software (*ver tabla 22*).

**Tabla 18. Detalle de inversión inicial de propuesta.**

Descripción	Unidad	Costo unitario	Total
AGRAS MG 1P	1	L 252,430.50	L 252,430.50

Fuente: Industrias Olanchanas S.A.

##### 4.7.6.2. TIR y VAN de la propuesta

Se analizó la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN) de la propuesta, realizándose el cálculo del ahorro adicional en base a la información de la tabla 21, multiplicándolo por la cantidad de procesos de fumigación que se realizan anualmente en Industrias Olanchanas S.A. que son tres, y luego se restó por el egreso adicional que genera el método propuesta el cual incurre en los gastos de watts de energía consumidos por las cargas del dron, es decir L.921.60, multiplicado nuevamente por la cantidad de procesos de fumigación que se realizan anualmente en Industrias Olanchanas S.A. Utilizando como inversión inicial el costo del AGRAS MG 1P (*ver tabla 23*).

**Tabla 19. Análisis de la inversión.**

	Años					
	0	1	2	3	4	5
Inversión inicial	-L252,430.50	L 0.00				
Ahorro adicional	L 0.00	L 302,441.80				
Egreso adicional	L 0.00	-L 2,764.80				
Flujo de efectivo neto	-L252,430.50	L 299,677.00				
Flujo de efectivo neto total	L	1,245,954.48				
Tasa anual	0%	12%	12%	12%	12%	12%
Factor tasa anual	100%	112%	112%	112%	112%	112%
Factor presente	100%	118%	125%	140%	157%	176%
Flujo presente	-L252,430.50	L 267,568.75	L 238,900.67	L 213,304.17	L 190,450.15	L 170,044.78
VAN	L	827,838.00				
Tasa TIR anual	0%	116.20%	116.20%	116.20%	116.20%	116.20%
Factor TIR anual	100%	216%	216%	216%	216%	216%
Factor presente	100%	216%	467%	1011%	2185%	4724%
Flujo presente	-L252,430.50	L 138,608.76	L 64,110.32	L 29,652.77	L 13,715.21	L 6,343.66
VAN de TIR	L	0				

Fuente: Elaboración propia.

El proyecto es rentable por lo siguiente:

- La inversión de dinero en la compra del dron es recuperada en el primer año, y a pesar de que es afectada por el costo del dron, siempre se obtiene un ahorro de L.47,246.50.
- Los gastos mensuales o egresos adicionales solo representan el 0.91% del ahorro mensual se recibirá con esta mejora.
- La tasa interna de retorno (TIR) es del 116.20%, lo cual indica que por la inversión realizada anualmente se estará obteniendo un retorno de 1.16 veces.
- El valor presente neto es de L.827,838.00; asegurando que la implementación del dron realmente genera valor y es rentable.

## CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se describen una serie de conclusiones referentes a los resultados de la investigación, como también información adquirida por medio de la observación del proceso de fumigación; y enfatizando en mejoras o recomendaciones establecidas para cada conclusión.

### 5.1. Conclusiones de la investigación

- La variable de tiempo en los métodos actuales de fumigación ejerce un efecto negativo en las aplicaciones, ya que retrasa el tiempo de reacción ante la aparición de cualquier enfermedad del cultivo en al menos 2 días; aumenta las jornadas de trabajo en un 40% en comparación al uso de drones agrícolas generando fatiga en los operadores lo que influye en su baja productividad; aumenta los riesgos de padecimientos de enfermedades por el contacto humano frecuente con agroquímicos; así como también, afecta los costos de producción al aumentar la inversión en los insumos en un 43% para el funcionamiento de los métodos y el aumento en cantidad de horas hombre en un 19% ya que requiere de mayor cantidad de operadores para alcanzar un suelo objetivo.
- La variable de precisión en los métodos de fumigación actuales ejerce un efecto negativo en las aplicaciones, aumentando las posibilidades de avance de las enfermedades en los cultivos en un 61% en comparación a la aplicación de drones agrícolas. Así mismo, requiere de mayor uso de producto necesitando hasta tres aplicaciones para lograr una cobertura aceptable en el suelo objetivo lo que aumenta los costos en un 21%; se calcula que se tiene un desperdicio de producto en las aplicaciones del 9.50% lo que causa una pérdida para la empresa de L.3,000.00 aproximadamente.
- La implementación de drones agrícolas ejerce un efecto de ahorro de más de L.100,000.00 en cada proceso de fumigación que se realice lo que representa un total del 51% en comparación a los métodos actuales de fumigación; generando una disminución del 19.46% en los costos de mano de obra, 32.66% en la compra de

productos para fumigación y 93.89% en la compra de diésel o pago de cualquier otra fuente de abastecimiento para el funcionamiento del método de fumigación, respectivamente. Además de ello, también disminuye los tiempos del proceso de fumigación de 18 días a 11 días para un suelo objetivo de 100 manzanas, siendo su alcance de 8 a 10 manzanas por día laborado.

## 5.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar la compra del segundo dron, DJI AGRAS T16 como apoyo al AGRAS MG 1P para ampliar la capacidad productiva de Industrias Olanchanas S.A., considerando el efecto positivo que tiene en el proceso fumigación y su optimización a través de las variables tiempo, precisión y costos.
- Se recomienda realizar un análisis de factibilidad para la implementación de drones para otras actividades de la cadena de producción con características de apoyo en irrigación y topografía, con el objetivo de optimizar en su totalidad la cadena de producción de la empresa, ampliando la eficiente productiva hacia otras etapas de la cadena.
- Analizar la posibilidad de conservar el método de bum autopropulsado como apoyo al método de fumigación por medio de dron, mientras se adquiere un segundo dron, además que, el bum autopropulsado implementado correctamente y bajo supervisión estricta, podría brindar un rendimiento satisfactorio.
- Se recomienda aplicar la propuesta de mejora al proceso de fumigación por medio de la implementación de drones agrícolas, previo al inicio de la siembra masiva que se realiza en los meses de mayo y junio de cada año para así aprovechar el potencial total del método.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, G. F., & Mendoza, C. M. (05 de Enero de 2017). *Aplicaciones de los drones en la agricultura, vol 6*. Recuperado el 14 de febrero de 2020, de <http://www.diyys.catolica.edu.sv/wp-content/uploads/2017/09/25dronesAN17.pdf>
- Adam, E., & Ebert, R. (1992). *Administración de la producción y las operaciones : conceptos, modelos y funcionamiento*. Mexico: Prentice Hall: Hispanoamericana.
- Argeñal, F. (2010). *Variabilidad climática y cambio climático en Honduras*. Tegucigalpa: PNUD. Recuperado el 22 de marzo de 2020, de <https://acchonduras.files.wordpress.com/2014/10/variabilidad-y-cambio-climatico-honduras2010.pdf>
- Arnoletto, E. J. (2006). *Administración de la producción como ventaja competitiva*. Córdoba: Editorial Triunfar . Recuperado el 23 de febrero de 2020, de [http://www.adizesca.com/site/assets/g-administracion\\_de\\_la\\_produccion\\_como\\_ventaja\\_competitiva-ea.pdf](http://www.adizesca.com/site/assets/g-administracion_de_la_produccion_como_ventaja_competitiva-ea.pdf)
- Barioglio, C. F. (2006). *Diccionario de las ciencias agropecuarias* (Primera edición ed.). Cordoba, Argentina: Encuentro Grupo Editor.
- Bedmar, F. (abril-mayo de 2011). Informe especial sobre plaguicidas agrícolas. (M. Semmartin, Ed.) *Ciencia hoy*, 21(122), 10-35.
- BID. (2005). *Mejora de la competitividad en clusters y cadenas productivas en América Latina*. BID, Departamento de Desarrollo Sostenible; División de Micro, Pequeña y Mediana Empresa. Washington: Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado el 19 de mayo de 2020, de <https://www.iadb.org/sds/msm>
- BID. (2017). *AgroTech: Innovaciones que no sabías que eran de América Latina y el Caribe*. (R. Viton, G. Garcia, Y. Soares, A. Castillo, & A. Soto, Edits.) Recuperado el 01 de febrero de 2020, de <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/AgroTech->

Innovaciones-que-no-sab% C3% ADas-que-eran-de-Am% C3% A9rica-Latina-y-el-Caribe.pdf

Bongiovanni, R., & Lowenberg, J. (2006). Agricultura de precision en Argentina. En R. Bongiovanni, C. Evandro, S. Best, & A. Roel, *Agricultura de precision: integrando conocimientos para una agricultura moderna y sustentable* (págs. 203-216). Montevideo, Uruguay: PROCISUR.

Bongiovanni, R., Mantovani, E. C., Best, S., & Roel, A. (2006). *Agricultura de precision: Integrando conocimientos para una agricultura moderna y sustentable*. (I. I. (IICA), Ed.) Montevideo, Uruguay: PROCISUR.

Bouroncle, C., Imbach, P., Läderach, P., Rodriguez, B., Medellin, C., Fung, E., . . . Donatti, C. (2015). *La agricultura de Honduras y el cambio climático: ¿Dónde están las prioridades para la adaptación?* Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR). Copenhague: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS). Recuperado el 20 de marzo de 2020, de <https://hdl.handle.net/10568/45943>

Bragachini, M. (Octubre de 2014). *Rol de las TICs y de la agricultura y ganadería de precisión en el desarrollo del sector agroalimentario y agroindustrial de Argentina*. Recuperado el 2020, de INTA: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_a1-\\_rol\\_de\\_las\\_tics\\_y\\_de\\_la\\_agricultura\\_y\\_ganade.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_a1-_rol_de_las_tics_y_de_la_agricultura_y_ganade.pdf)

Bustamante, W., Sánchez, A., Pérez, A., & Flores, J. (28 de julio de 2017). *Aplicaciones de los vehículos aéreos no tripulados en la ingeniería hidroagrícola*. doi:DOI: 10.24850/j-tyca-2017-04-10

Castellanos, F. (30 de Abril de 2018). *Los Drones Comerciales están Revolucionando las Operaciones Comerciales*. (Y. Danderfer, Editor, & Toptotal, Productor) Recuperado el 22 de febrero de 2020, de Finances: <https://www.toptal.com/finance/market-research-analysts/los-drones-comerciales-estan-revolucionando-las-operaciones-comerciales>

- Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2009). *Administración de operaciones: producción y cadena de suministros* (Duodécima ed.). Mexico: McGraw-Hill.
- Da-Jiang Innovations. (2020). *DJI: Protección de cultivos*. (DJI, Editor) Recuperado el 20 de mayo de 2020, de DJI web site: <https://www.dji.com/mg-1p>
- Di Leo, N. C. (17 de mayo de 2015). *Repositorio Hipermedial UNR*. Recuperado el 07 de febrero de 2020, de <https://fcagr.unr.edu.ar/wp-content/uploads/2015/05/2AM41.pdf>
- Escobar, J. (01 de febrero de 2020). (M. Alvarado, Entrevistador) Catacamas, Olancho, Honduras.
- Escuela El Sembrador. (2017). *Manual de metodos de fumigacion*. Manual de apoyo, Catacamas.
- Evangelista, G. (2010). En R. Hernández Sampieri, C. Fernández, M. d. Baptista, M. Toledo, & J. Chacón (Edits.), *Metodología de la investigación* (pág. 195). México, D.F., Trujillo, Perú: Mc Graw Hill.
- FAO. (2005). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*. Roma: Grupo de la producción y diseño editorial; Servicio de Gestión de las Publicaciones; FAO.
- FAO. (2015). *Marco de programación país, para la cooperación de la FAO*. Tegucigalpa: FAO. Recuperado el 26 de marzo de 2020, de <http://www.fao.org/3/a-i5397s.pdf>
- FAO. (2016). *Marco de programación país para la cooperación de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura (FAO) Honduras*. Recuperado el 01 de marzo de 2020, de <http://www.fao.org/3/a-i5397s.pdf>
- FHIA. (2018). *Informe anual 2017-2018 FHIA*. Informe anual, San Pedro Sula. Recuperado el 19 de marzo de 2020, de [http://www.fhia.org.hn/downloads/informes\\_anuales/ianualfhia2017-2018.pdf](http://www.fhia.org.hn/downloads/informes_anuales/ianualfhia2017-2018.pdf)

- FHIA. (marzo de 2019). *Fundación Hondureña de Investigación Agrícola*. (C. d. FHIA, Ed.) Recuperado el 04 de febrero de 2020, de [http://www.fhia.org.hn/downloads/fhia\\_informa/fhia\\_informa\\_marzo\\_2019.pdf](http://www.fhia.org.hn/downloads/fhia_informa/fhia_informa_marzo_2019.pdf)
- Garcia, E., & Flego, F. (2008). *Agricultura de precisión*. Universidad de Palermo, Ciencia y tecnología. Buenos Aires: Universidad de Palermo. Recuperado el 11 de marzo de 2020, de <https://www.palermo.edu/ingenieria/downloads/pdfwebc&T8/8CyT12.pdf>
- Hawk, D. (02 de febrero de 2020). (M. Alvarado, Entrevistador) Catacamas, Olancho, Honduras.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2010). *Metodología de la investigación* (Quinta edición ed.). (M. Toledo, & J. Chacón, Edits.) Mexico D.F., Mexico: Mc Graw Hill. Recuperado el 2020
- Industrias Olanchanas, S. (2018). *Perfil y marco de la empresa*. Catacamas.
- INE. (30 de enero de 2001). *Cifras de país*. Recuperado el 21 de marzo de 2020, de Instituto Nacional de estadística (INE): <https://www.ine.gob.hn>
- Martínez Cebrian, L., & Casterad, M. A. (2012). Incorporación de tecnologías de información territorial en una explotación agraria de secano ante la práctica de agricultura de precisión. *Tecnologías de la información geográfica en el contexto del cambio global* (págs. 109-116). Madrid: Instituto de economía, geografía y demografía.
- Mejía, J. C. (2006). Agricultura de precisión en Bolivia. En R. Bongiovanni, E. C. Mantovani, S. Best, & A. Roel, *Agricultura de precisión: Integrando conocimientos para una agricultura moderna y sustentable* (págs. 220-224). Montevideo, Uruguay: PROCISUR.
- Mendoza, A. L. (04 de febrero de 2020). (M. Alvarado, Entrevistador) Catacamas, Olancho, Honduras.

- Mitsikostas, E. (2017). *Monitorización y optimización de tierras con drones y fotometría aérea para aplicaciones de precisión en agricultura*. UPV, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y Topográfica. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10251/86353>
- Moltoni, L., Moltoni, A., Masia, G., Clemares, N., & Pino, N. (Marzo de 2015). Análisis económico del uso de drones para la generación de mapas de prescripción de malezas. *Economía y Desarrollo Agroindustrial*, No.3, 8. Obtenido de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-boletin\\_de\\_economia\\_y\\_desarrollo\\_agroindustrial\\_3\\_2.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-boletin_de_economia_y_desarrollo_agroindustrial_3_2.pdf)
- Parodi, L. R. (1977). *Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería* (Tercera ed., Vol. 2). Buenos Aires: Acme. Recuperado el 21 de marzo de 2020, de <https://archive.org/details/enciclopediaargentinadeagriculturayjardineriaparodimdimitriacme1972/page/n1/mode/2up>
- Pino, E. (03 de Febrero de 2019). Los drones una herramienta para una agricultura eficiente: un futuro de alta tecnología. *IDESIA*, 37(1), 75-84. doi:10.4067/S0718-34292019005000402
- Ramírez, D., Ordaz, J. L., Mora, J., & Acosta, A. (2010). *Honduras: Efectos del cambio climático sobre la agricultura*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Department for International Development. México: Naciones Unidas. doi:LC/MEX/L.965
- Render, B., & Heizer, J. (2007). *Administración de la Producción* (Primera ed.). Mexico: Pearson.
- Reyes, J., Godoy, A., & Realpe, M. (10 de Febrero de 2019). Uso de software de código abierto para fusión de imágenes agrícolas multiespectrales adquiridas con drones. *LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology* (págs. 1-8). Montego Bay: Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). Recuperado el 12 de Febrero de 2020, de ESPOL: [http://refbase.cidis.espol.edu.ec/files/josereyes/2019/102\\_JoseReyes\\_etal2019.pdf](http://refbase.cidis.espol.edu.ec/files/josereyes/2019/102_JoseReyes_etal2019.pdf)

- Rivas Tovar, L. (2015). Capítulo 6. La definición de variables o categorías de análisis. En L. Rivas Tovar, *¿Cómo hacer una tesis?* (Tercera ed., págs. 107-118). México: Instituto Politécnico Nacional (IPN). doi:DOI: 10.13140/RG.2.1.3446.6644
- Rocha, C., & Penha, B. (2015). Agricultura de precisión en Brasil. En C. Valero (Ed.), *VII Congreso de estudiantes universitarios de ciencia, tecnología e ingeniería agronómica* (págs. 233-236). Madrid: Universidad politécnica de Madrid. Obtenido de [http://oa.upm.es/42094/1/INVE\\_MEM\\_2015\\_225973.pdf](http://oa.upm.es/42094/1/INVE_MEM_2015_225973.pdf)
- SAG. (2020). *Reporte semanal de precios de venta de insumos agrícolas*. Secretaria de agricultura y ganaderia de Honduras. San Pedro Sula: SIMPAH.
- Torres Sanchez, J., Peña Barragan, J., de Castro Megias, A., & Lopez Granados, F. (2013). Puesta a punto de un vehículo aéreo no tripulado (UAV) para detección de malas hierbas en fase temprana: resolución espacial y altura de vuelo. *XIV Congreso de la Sociedad Española de Malherbología* (págs. 43-47). Valencia: Instituto de Agricultura Sostenible (CSIC).
- Vasquez Arroyo, K. C., Ramos Herrera, H. C., Garcia Gomez, D. M., & Hernandez Arellano, J. L. (2007). *Evaluacion ergonomica del uso de bombas portatiles para fumigar*. SOCIEDAD DE ERGONOMISTAS DE MÉXICO A.C. Mexico D.F.: SEMAC. Obtenido de [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/36326390/Libro\\_SEMAC\\_2008.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DERGONOMIA\\_OCUPACIONAL.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=ASIATUSBJ6BAKIDRTJ5L%2F20200329%2Fus-east-1%2Fs3%](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/36326390/Libro_SEMAC_2008.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DERGONOMIA_OCUPACIONAL.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=ASIATUSBJ6BAKIDRTJ5L%2F20200329%2Fus-east-1%2Fs3%2F)
- Veroustraete, F. (16 de Septiembre de 2015). Drones: The Newest Technology for Precision Agriculture. Natural Sciences Education. *E-Cronicon*, 2, 325-327. Recuperado el 20 de febrero de 2020, de E-Cronicon: <https://www.ecronicon.com/ecag/pdf/ECAG-02-000035.pdf>

Viviana, B., Jemay, M., & Diego, A. (2015). Uso de drones para el analisis de imágenes multiespectrales en agricultura de precisión. *LIMENTECH ciencia y tecnologia alimentaria*, 13(1), 28-40.

# ANEXOS

Anexo No. 1 Formato de registro de observación del proceso

<b>Registro de observacion del proceso</b>	
Observador:	<input type="text"/>
Hora de inicio:	<input type="text"/>
Lote:	<input type="text"/>
Hora de finalizacion:	<input type="text"/>
Fecha:	<input type="text"/>
<b>1.- Problemas o situaciones observadas</b>	
<input type="text"/>	
<b>2.- Involucrados</b>	
<input type="text"/>	
<b>3.- Explicacion</b>	
<input type="text"/>	
<b>4.- Observaciones</b>	
<input type="text"/>	
<b>5.- Conclusiones</b>	
<input type="text"/>	









## GLOSARIO

### A

AGRAS MG 1P: es el nombre de uno de los drones agrícolas expuestos en esta investigación. El AGRAS proviene de la abreviación de las palabras “Agricultural Aerial Sprayer” que lo describe como un pulverizador aéreo agrícola, MG se refiere a “Multi-Gallons” que indica su cualidad de almacenamiento de 2 o más galones y 1P proviene de “1 hour propelled” que explica su sistema de propulsión integrado para asegurar el funcionamiento de la herramienta en caso del motor falle.

Alimento de alto valor: se dice del alimento destinado para los animales de alta genética, el cual debe contar con los estándares de calidad más altos en su procesamiento, con la intención de alimentar correctamente a los animales.

Animal de alta genética: son los animales que se crían con la intención de generar subproductos provenientes de su carne o leche que cuentan con la cualidad de alta calidad.

Angus: es una raza bovina conocida por ser criada para el consumo de su carne.

### B

Brahman: esta raza de ganado tiene su origen en el ganado cebú llevado originalmente a los Estados Unidos de América, proveniente de la India. Se ha cruzado extensivamente con Bos Taurus, el ganado europeo. Ambos son miembros de la familia de bóvidos.

Brangus: es una raza bovina de tipo sintética. Es decir, la resultante o producto del cruzamiento entre dos razas diferentes, El Brahman y la Angus, de las cuales toma características originales en porcentajes adecuados para la crianza comercial.

### C

Cosecha: se basa en la recolección de los frutos, semillas u hortalizas de los campos en la época del año en que están maduros.

## D

DJI AGRAS T16: es el nombre de uno de los drones agrícolas expuestos en esta investigación. El DJI proviene del nombre de la compañía creadora “Da-Jiang Innovations” con sede en China. AGRAS proviene de la abreviación de las palabras “Agricultural Aerial Sprayer” que lo describe como un pulverizador aéreo agrícola y T16 se refiere a su nueva capacidad de almacenamiento de producto mejorada, la cual soporta 16 litros en su tanque, brindando una experiencia de aspersión de mayor alcance. Este es la versión mejorada del AGRAS MG 1P.

Diyero: personal que labora fuera de contrato bajo el convenio de trabajo por día de forma informal y cuando se le requiera. El cual no cuenta con los beneficios de ley provistos para empleados de planta.

## F

Fumigar: es una acción que se lleva a cabo en las casas, departamentos, edificios, otras construcciones y campos y que consiste en la desinfección de esos espacios a partir de gas o humo.

## H

Herbicida: es un producto fitosanitario utilizado para eliminar plantas indeseadas. Algunos actúan interfiriendo con el crecimiento de las malas hierbas y se basan frecuentemente en las hormonas de las plantas.

## I

Irrigación: puede definirse como el conjunto de dispositivos capaces de aportar, de forma artificial y ordenada, el caudal de aguas sobre los terrenos más necesitados, con la finalidad de obtener una producción agrícola eficiente.

## P

Producto de fumigación: son los agroquímicos utilizados en el proceso de fumigación, los cuales se utilizan de forma controlada para generar el menor impacto humano posible.

T

Tecnología de precisión: son las herramientas implementadas en la agricultura de precisión.