



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE  
GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE ESPECIALIDADES EMPRESARIALES  
CARRERA DE INGENIERÍA EN COMERCIO Y FINANZAS  
INTERNACIONALES BILINGÜE**

**TITULO:**

**ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DEL USO DE DRONES EN LAS  
PLANTACIONES BANANERAS DE LA PROVINCIA DE EL ORO**

**AUTORES:**

Gabriela Ximena Arboleda Endara

Farah Selin Massuh Defaz

**PROYECTO DE GRADUACIÓN PRESENTADO PARA CUMPLIR CON LOS REQUISITOS**

**FINALES PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN**

**COMERCIO Y FINANZAS INTERNACIONALES BILINGÜE**

**TUTOR:**

Abg. Mgs. Miguel Ángel Saltos

**Guayaquil, Ecuador**

**2014**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
**FACULTAD DE ESPECIALIDADES EMPRESARIALES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN COMERCIO Y FINANZAS**  
**INTERNACIONALES BILINGÜE**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por la señorita Arboleda Endara Gabriela Ximena y el señor Massuh Defaz Farah Selin como requerimiento parcial para la obtención del Título de Ingeniero en Comercio y Finanzas Internacionales Bilingüe.

**TUTOR**

Abg. Mgs. Miguel Ángel Saltos

**DIRECTORA DE LA CARRERA**

---

**Ec. Teresa Alcívar**

**Guayaquil, a los 25 días del mes de Septiembre del año 2014**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE ESPECIALIDADES EMPRESARIALES  
CARRERA DE INGENIERÍA EN COMERCIO Y FINANZAS  
INTERNACIONALES BILINGÜE**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Arboleda Endara Gabriela Ximena**

**Massuh Defaz Farah Selin**

Declaramos que el Trabajo de Titulación “**ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DEL USO DE DRONES EN LAS PLANTACIONES BANANERAS DE LA PROVINCIA DE EL ORO**”, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de nuestra total autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 25 días del mes de Septiembre del año 2014.**

---

**Arboleda Endara Gabriela Ximena**

---

**Massuh Defaz Farah Selin**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
**FACULTAD DE ESPECIALIDADES EMPRESARIALES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN COMERCIO Y FINANZAS**  
**INTERNACIONALES BILINGÜE**

## **AUTORIZACIÓN**

**Arboleda Endara Gabriela Ximena**

**Massuh Defaz Farah Selin**

Autorizamos a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DEL USO DE DRONES EN LAS PLANTACIONES BANANERAS DE LA PROVINCIA DE EL ORO”** cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

---

**Arboleda Endara Gabriela Ximena**

---

**Massuh Defaz Farah Selin**

**Guayaquil, a los 25 del mes de Septiembre del año 2014**

## **AGRADECIMIENTO**

Ser una profesional ha sido una meta que solo la pude lograr con la bendición de Dios, sin duda alguna encontrar las palabras precisas para agradecer a quienes hoy son parte fundamental en mi carrera universitaria no es tarea fácil, sin embargo las personas más importantes en mi vida son quienes hasta hoy llegaron conmigo en el culminó de mi carrera profesional.

Mis logros y mis triunfos dedicados de manera especial a mis abuelos Zoila y Raúl que con su amor crecieron cada día a mi lado recordándome siempre que el amor no tiene barreras.

A mi madre por su lucha constante a lo largo de mi trayectoria estudiantil.

Hoy ante mí un camino de oportunidades, propuestas y decisiones que me llevan al éxito profesional tan anhelado.

Gabriela Arboleda

Este camino de una lucha constante no podría haberlo superado sin la ayuda del Ser Creador, con su luz ilustró mis días y sus bendiciones me llenaron de sabiduría. Eternamente agradecido Señor.

A mi tutor que supo guiarme en cada parte del proceso y que nos brindó su conocimiento para realizar un excelente trabajo.

A mi amigo Juan, una gran persona que conocí en el transcurso de mi carrera universitaria, gracias por aportar con tus conocimientos e ideas que nos orientaron en el trayecto de la elaboración de esta tesis.

Especialmente quiero agradecer a mí enamorada Athina por haberme motivado a realizar este proyecto, por darme su ayuda incondicional y por enseñarme que cuando te esfuerzas por algo, tarde o temprano lo consigues.

Farah Massuh

## DEDICATORIA

Con el culminó de mis estudios, el recuerdo acrisolado de quien con su apoyo incondicional me alentó en el cumplimiento de mis metas.

A ti mi adorada madre por enseñarme que ser mejor cada día es una forma de vida, a superarme frente a cualquier obstáculo sin importar cuantas veces caiga pero si como debo ponerme en pie.

Dedicado a la mujer de mi vida: Mi madre

Gabriela Arboleda

En la vida nada puede ser sin la ayuda de nuestro Creador, el esfuerzo plasmado en este proyecto quiero dedicarlo principalmente a Dios.

A mi padre y a mi madre, los pilares fundamentales de mi vida. Esta tesis es el fruto de su sacrificio, de su esfuerzo, de cada minuto invertido en mí.

A mis hermanos.

A mi enamorada.

Farah Massuh



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
**FACULTAD DE ESPECIALIDADES EMPRESARIALES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN COMERCIO Y FINANZAS**  
**INTERNACIONALES BILINGÜE**

## **CALIFICACIÓN**

---

Abg. Mgs. Miguel Ángel Saltos

Tutor



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
**FACULTAD DE ESPECIALIDADES EMPRESARIALES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN COMERCIO Y FINANZAS**  
**INTERNACIONALES BILINGÜE**

## **CALIFICACIÓN**

---

Abg. Mgs. Miguel Ángel Saltos



# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>EL PROBLEMA</b> .....	2
Planteamiento del problema .....	2
Formulación del problema .....	4
Objetivo general .....	4
Objetivos específicos.....	5
Justificación del estudio.....	5
<b>1. MARCO TEÓRICO</b> .....	7
1.1 Antecedentes referenciales .....	7
1.2 Marco teórico conceptual.....	7
1.2.1 Código orgánico de la producción, comercio e inversiones .....	7
1.2.2 Fumigación agrícola.....	9
1.2.3 Fumigación aérea .....	11
1.2.4 Equipo de fumigación .....	15
1.2.5 Agricultura.....	17
1.2.6 Agricultura de precisión.....	18
1.2.7 Sensores multiespectrales .....	19
1.2.8 Drones.....	20
<b>2. DISEÑO METODOLÓGICO</b> .....	21
2.1 Caracterización de la investigación .....	21
2.2 Población .....	21
2.3 Muestra.....	23
2.4 Determinación de los objetivos de la encuesta.....	26
2.5 Procesamiento y análisis de la información .....	27
2.6 Tabulación y presentación de resultados.....	27
2.7 Resultados de la investigación .....	28
2.8 Conclusión de la encuesta.....	39

<b>3. EL PRODUCTO</b> .....	42
3.1 Historia.....	42
3.2. Aplicaciones de los UAV .....	43
3.2.1 Aplicaciones militares.....	43
3.2.2 Aplicaciones civiles .....	44
3.3 Sistema de control de vuelo.....	44
3.4 Clasificaciones de los UAV .....	45
3.5 Descripción del producto .....	46
3.6 UAV Aibot X6.....	46
3.6.1 Conclusiones del producto .....	52
3.7 Rmax Yamaha Type IIG .....	53
3.7.1 Aplicación.....	55
3.7.2 Diseño .....	57
3.7.3 Especificaciones técnicas .....	59
3.7.4 Conclusiones del producto .....	63
<b>4. Análisis de costos de implementación</b> .....	64
4.1 Costos del drone Aibotix X6 en destino .....	64
4.1.2 Costo de implementación del Servicio del drone Aibotix X6 por día.....	66
4.2. Costo del drone Rmax Type IIG en destino .....	67
4.2.1 Costos de implementación del drone Rmax Type IIG en una hectarea .....	71
<b>Conclusiones</b> .....	72
<b>Recomendaciones</b> .....	74
<b>Bibliografía</b> .....	75
<b>Anexos</b> .....	78

# ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>TABLA 1:</b> Condiciones de la calidad de la aplicación en función del tipo de aeronave	12
<b>TABLA 2:</b> Distribución del catastro bananero a nivel cantonal - Agosto 2011	22
<b>TABLA 3:</b> Estratos de pequeños, medianos y grandes productores	23
<b>TABLA 4:</b> Número de encuestas realizadas a cada estrato	25
<b>TABLA 5:</b> Pregunta 1: ¿Se dedica usted al cultivo de banano?	28
<b>TABLA 6:</b> Pregunta 2 ¿Cuál es el rango de hectáreas de su plantación bananera?	29
<b>TABLA 7:</b> Pregunta 3 ¿Utiliza Ud. algún tipo de sistema de fumigación en su plantación?	29
<b>TABLA 8:</b> Pregunta 4 ¿Qué factor es de mayor relevancia para escoger al proveedor de fumigación?	.30
<b>TABLA 9:</b> Pregunta 5 ¿Cuál es el método que Ud. utiliza para realizar las tareas de fumigación en su plantación?	31
<b>TABLA 10:</b> Pregunta 6 ¿Con qué frecuencia realiza la fumigación en su plantación durante la etapa de cosecha?	32
<b>TABLA 11:</b> Pregunta 7 ¿Cuál es el valor que usted invierte por cada hectárea fumigada sin contar el valor del químico rociado?	33
<b>TABLA 12:</b> Pregunta 8 ¿Confía usted que la fumigación aérea es efectiva para la exterminación de plagas?	34
<b>TABLA 13:</b> Pregunta 9 ¿Cómo califica el servicio de fumigación que utiliza en su plantación bananera?	35

<b>TABLA 14:</b> Pregunta 10 ¿Tiene Ud. conocimiento que en la fumigación tradicional solo el 40% del insecticida llega a la parte afectada de su plantación	36
<b>TABLA 15:</b> Pregunta 11. ¿Conoce Ud. de las ventajas que tiene la fumigación con drones?	37
<b>TABLA 16:</b> Pregunta 12 ¿Estaría usted dispuesto a implementar el uso de drones en sus plantaciones?	38
<b>TABLA 17:</b> Clasificación de los UAV	45
<b>TABLA 18:</b> Costos de importación del dron Aibotix X6	65
<b>TABLA 19:</b> Costo de implementar el servicio del dron Aibotix X6 por día	66
<b>TABLA 20:</b> Costo de importación del dron Rmax Type IIG	68
<b>TABLA 21:</b> Comparación de costos de operación entre una avioneta agrícola y un dron	69
<b>TABLA 22:</b> Costos de fumigación con drones por hectárea	71

# ÍNDICE DE GRÁFICOS

	<b>Pág.</b>
<b>GRÁFICO 1:</b> Elementos de un pulverizador aerotransportado por un avión	13
<b>GRÁFICO 2:</b> Elementos de un pulverizador aerotransportado sobre helicóptero	14
<b>GRÁFICO 3:</b> Distribución de productores bananeros de la provincia de El Oro	22
<b>GRÁFICO 4:</b> Calculo de la muestra	25
<b>GRÁFICO 5:</b> Tabulación de respuesta a la pregunta No. 1	28
<b>GRÁFICO 6:</b> Tabulación de respuesta a la pregunta No 2	29
<b>GRÁFICO 7:</b> Tabulación de respuesta a la pregunta No 3	30
<b>GRÁFICO 8:</b> Tabulación de respuesta a la pregunta No 4	31
<b>GRÁFICO 9:</b> Tabulación de respuesta a la pregunta No 5	32
<b>GRÁFICO 10:</b> Tabulación de respuesta a la pregunta No 6	33
<b>GRÁFICO 11:</b> Tabulación de respuesta a la pregunta No 7	34
<b>GRÁFICO 12:</b> Tabulación de respuesta a la pregunta No 8	35
<b>GRÁFICO 13:</b> Tabulación de respuesta a la pregunta No 9	36
<b>GRÁFICO 14:</b> Tabulación de respuesta a la pregunta No 10	37
<b>GRÁFICO 15:</b> Tabulación de respuesta a la pregunta No 11	38
<b>GRÁFICO 16:</b> Tabulación de respuesta a la pregunta No 12	39
<b>GRÁFICO 17:</b> Modelo Aibotix X 6	47

**GRÁFICO 18:** Dimensiones del helicóptero Yamaha Rmax Type IIG 59

**GRÁFICO 19:** Comparación de costo de adquisición de un avión 70  
convencional agrícola y un avión no tripulado

## RESUMEN

El presente proyecto plantea un análisis de factibilidad de la implementación de las aeronaves no tripuladas en tareas de producción bananera, la importancia de este estudio radica en poder demostrar que aplicando este sistema se puede lograr una mayor productividad en comparación con el uso del sistema tradicional mediante avionetas.

El objetivo de esta investigación es recalcar las oportunidades de mejora de los procesos de producción bananera, conocer las necesidades que aquejan a los productores y sobretodo analizar la viabilidad de su implementación.

La contribución que se desea brindar a la sociedad es dar a conocer nuevos mecanismos que ayuden a mejorar e innovar los procesos agrícolas que se emplean actualmente. El método utilizado en este proyecto es la investigación teórica que se basa en el criterio objetivo que proporcionan diferentes conceptos.

Los resultados de la investigación es que los drones tienen un menor costo de operación que el sistema de fumigación aérea utilizando avionetas, a pesar que las avionetas tienen la ventaja de poder fumigar un mayor número de hectáreas en menor tiempo, con la tecnología de los drones se puede focalizar los esfuerzos en áreas específicas.

**Palabras claves:** Drones, plantaciones bananeras, pulverizadores, avionetas, costos y productividad,

## ABSTRACT

This project set a feasibility analysis about implementation of unmanned aerial vehicle in the banana production tasks, the relevance of this project lies in demonstrate that applying this system it is possible to achieve higher levels of productivity compared to the traditional system used by aircrafts.

The main objective of this investigation is to highlight the opportunities of improving the process of banana production, also know the needs faced by the producers and overall analyze the viability of implementation.

The contribution that the project wish to give to society is to introduce new mechanisms that help to improve and innovate the agricultural processes currently used. The method used in this project is the theoretical research based on objective criteria that provides different concepts.

The results of this investigation shows that the drones have a lower operating cost than the system used by the aerial spraying aircrafts, although the planes have the advantage of being able to spray more acres in less time, buy with drone technology it is possible to focus efforts on specific areas.

**Key words:** drones, banana fields, pulverizes, aircrafts, costs and productivity.



## **INTRODUCCIÓN**

Una aeronave no tripulada es aquella que puede ser comandada desde el nivel terrestre y posee características únicas para diferentes aplicaciones. A principios de la década de los 80 el Gobierno japonés hizo un requerimiento a la Cía. Yamaha Motor Company Limited para el desarrollo del primer helicóptero no tripulado con fines agrícolas. Esto sirvió de inspiración para que otros desarrolladores decidan buscar nuevas aplicaciones que beneficien al agricultor en sus procesos.

En la actualidad se cuenta con diferentes tipos de drones, los cuales pueden llevar a cabo diversas actividades en diferentes ámbitos uno de ellos es su aplicación en los procesos agrícolas que actúan directamente sobre el control de plagas y la fumigación.

En el Ecuador actualmente se emplean avionetas tripuladas para realizar tareas de fumigación en las plantaciones bananeras, el uso de nuevas tecnologías como lo son los drones aún no han sido implementadas ni el gobierno está en planes de promoverlo.

Esta investigación busca analizar la factibilidad de implementar este tipo de tecnología en las plantaciones bananeras de la provincia de El Oro y conocer las consecuencias que se podrían derivar después de la ejecución de este sistema.

## **EL PROBLEMA**

### **Planteamiento del problema**

En la actualidad, existe una gran necesidad por obtener procesos agrícolas más eficientes y productivos que sean amigables con el ser humano y el medio ambiente, para lo cual se busca complementar cada fase de la producción agrícola con tecnologías especialmente diseñadas que impulsaran el desarrollo de mejores cosechas.

Las plagas y enfermedades representan factores más limitados y más limitadores de la producción, tanto de los pequeños productores, como destinada a la exportación, y pueden causar pérdidas catastróficas (Infomusa, 2004).

Uno de los factores claves del proceso de producción bananera en la provincia de El Oro, se encuentra en la fase de fumigación y exterminación de plagas, la cual se la lleva a cabo mediante avionetas con equipos especialmente diseñados que dispersan el fungicida sobre las plantaciones.

El uso de avionetas para combatir plagas y enfermedades en los campos de cultivación bananera juega un rol de gran consideración, sin embargo no significa que esta técnica sea la más efectiva y la más acertada en el momento de realizar un eficiente control de plagas. Una de las mayores desventajas es la alta velocidad de crucero que impide lanzar con precisión los productos químicos, así mismo los largos tramos para el despegue y el aterrizaje, y los altos costos que implica el mantenimiento de cada una de estas naves (Torres Osorio, Ortíz Flores, Alvarado Lassman , & Báez Senties, 2008).

En pocos años, el uso de aviones no tripulados conocidos como drones se ha expandido, ya que este tipo de tecnología inicialmente era destinada al uso militar según lo menciona Montoya (2014). Sin embargo, posteriormente los drones se fueron incluyendo en nuevas aplicaciones civiles. Uno de los campos en donde ha tenido un impacto especialmente significativo es la agricultura, en donde los drones se utilizan para supervisar un área

determinada de una plantación, pueden monitorear el estado de la irrigación y de su estado general.

Una de las aplicaciones exitosas de esta aeronave no tripulada en el uso civil es la pulverización de pesticidas en la agricultura y la silvicultura. Los ejemplos más representativos son los helicópteros R50 y Rmax desarrollados por Yamaha. Su origen se remonta a una solicitud del Ministerio de Agricultura, Silvicultura y Pesca del Gobierno de Japón en el año 1983 para ayudar a reducir la carga de trabajo y los costos de mano de obra de la cosecha del arroz. (Kai, Chen, & Heng Lee, 2011)

De todas las posibilidades que ofrece esta tecnología, la producción agrícola es quizás el uso más claro y también el que recibe la mayor atención. En la agricultura, los drones pueden ser utilizados para aumentar la productividad, con métodos más efectivos que aún en los campos ecuatorianos no han evolucionado.

La implementación de vehículos aéreos no tripulados o drones en el sector agrícola, permiten a los agricultores tener un alcance de mayor efectividad en cada área cosechada. Un drone ofrece al granjero la capacidad de revelar desde el aire todo tipo de incidentes que pueda ocurrir en su sembrío, desde problemas de riego hasta variaciones en el tipo de tierra e incluso infestaciones de plagas y hongos que son prácticamente imposibles de visualizar desde el nivel del suelo.

Los drones equipados con cámaras pueden tomar imágenes multiespectro, capturando datos del espectro infrarrojo además del visual, lo que puede servir para diferenciar las plantas sanas de las enfermas. Estas aeronaves se podrían utilizar en los campos ecuatorianos para crear una base de datos en las cuales se recopile información de los cambios en la cosecha y lograr revelar a tiempo áreas problemáticas y oportunidades de mejora.

Países como Japón y Brasil han implementado esta tecnología en sus cultivos obteniendo gran aceptación entre los ejidatarios (personas que trabajan los cultivos) (Elika, 2014). A pesar de que el drone fue concebido

con la idea de fumigar y erradicar plagas que afecten a las plantaciones, en la actualidad tienen usos más avanzados lo cual les proporciona beneficios relacionados a la reducción de costos, tiempo e inconvenientes que pudieran surgir durante el proceso de producción.

El problema se presenta debido a que el Ecuador por tradición es conocido como un país donde la agricultura representa una de las principales actividades económicas, siendo especialmente el sector bananero uno de los más importantes por su participación en las exportaciones. El alto costo

A pesar que el banano ecuatoriano es ampliamente reconocido a nivel internacional por su calidad, a nivel interno particularmente en la provincia de El Oro el sector no se ha preocupado por establecer alternativas para mejorar sus sistemas de producción, puesto que no se ha analizado la factibilidad del uso de drones de modo que le permita mejorar la productividad y minimizar los inconvenientes relacionados con los sistemas de riego de las plantaciones.

### **Formulación del problema**

Para la formulación del problema, es necesario que se plantee la siguiente pregunta relacionada con la investigación a realizar ¿Cuál es la factibilidad del uso de drones en las plantaciones bananeras de la provincia de El Oro? ¿Cuáles son las oportunidades de mejora que ofrece el uso de drones en los campos bananeros de la Provincia de El Oro?

### **Objetivo general**

Analizar la factibilidad del uso de drones en las plantaciones bananeras de la provincia de El Oro, en cuestión de productividad y procesos que involucren mayor grado de eficiencia.

## **Objetivos específicos**

1. Determinar oportunidades de mejora que ofrece el uso de drones en las plantaciones bananeras de la provincia de El Oro, explicando cada una de sus aplicaciones en las cosechas.
2. Conocer las necesidades de los productores bananeros de la provincia de El Oro en contar con nuevos sistemas de fumigación aérea que garanticen mejores condiciones para el crecimiento de las plantaciones bananeras de la provincia de El Oro.
3. Evaluar los posibles beneficios económicos para el productor bananero de la provincia de El Oro con la implementación de drones para tareas de fumigación aérea y monitorización de los cultivos.

## **Justificación del estudio**

El Ecuador es un país agrícola, debido a que existen productores de diferentes bienes agrarios, especialmente en el sector bananero, los cuales son comercializados a nivel nacional e internacional, pero para que se pueda vender un banano de calidad la cosecha debe ser cuidada de tal forma que se ofrezca un producto final de excelente naturaleza. Los equipos que se utilizan para la eliminación y control de plagas, son los de fumigación, los cuales permiten poder quitar las malezas de las plantaciones y el fruto o la fruta se logre cosechar con las mejores condiciones. A pesar que en el país existen muchos productores agrícolas, los sistemas de fumigación se realizan de manera tradicional, lo cual en muchas ocasiones representa mayores costos, tiempo y pueden generar inconvenientes al momento del riego.

Por lo tanto, la justificación del trabajo se establece de acuerdo a la aportación que se realizará al sector bananero, debido que en el proyecto se plantea un modelo de negocio dedicado a la comercialización de drones, para poder cumplir la demanda existente en las personas que desarrollan sus labores de fumigación, o a su vez están dedicados a la agricultura en el sector bananero y para mantenimiento de su agro necesitan realizar este

proceso, generando beneficios en la calidad de producto final que obtienen y reduciendo costos.

Es importante recalcar que se está aprovechando la producción agrícola del Ecuador y la demanda existente de productos de fumigación aérea.

Considerando que existe una necesidad apremiante en mejorar los procesos de producción agrícola en el Ecuador, es esencial aumentar la productividad de los cultivos, evitar las pérdidas causadas por las plagas y hacer un mejor uso de la intensidad permitida en algunas áreas.

Otro beneficio del uso de drones de riego en la agricultura es que evita el uso excesivo de productos químicos en los cultivos, debido a que supervisa los cultivos más precisamente.

Los drones se pueden guiar de manera autónoma por GPS y puede enviar fotos o imágenes de la situación de los cultivos en tiempo real. Esto se puede utilizar para vigilar los brotes de enfermedades y el control de riego. Los cultivos de banano en la provincia del El Oro se están incrementando, y por lo tanto existe el objetivo final de aumentar la productividad, que es uno de los propósitos para los que se plantea la utilización de drones de fumigación.

## **1. MARCO TEÓRICO**

### **1.1 Antecedentes referenciales**

Como trabajos referenciales se toman las investigaciones realizadas por diferentes autores, uno de los trabajos es el de Barrientos, del Cerro, Gutiérrez, San Martín, Martínez y Rossi (2013), quienes desarrollaron el informe “Vehículos aéreos no tripulados para uso civil. Tecnología y aplicaciones”, donde se da a conocer datos investigativos acerca del avance de esta aeronave no tripulada, utilidades de estos equipos tecnológicos entre otras novedades que han servido de gran ayuda en las tareas agrarias. Otro trabajo es el realizado por Núñez Escamilla (2010), que en su proyecto de investigación “Diseño, Construcción, Instrumentación y Control de un Vehículo Aéreo no tripulado (UAV)” aborda temas de gran importancia que permitirán estudiar y analizar cada uno de los factores.

Por lo que para el desarrollo del tema de investigación del proyecto “Análisis de factibilidad del uso de drones en las plantaciones bananeras de la provincia de El Oro”, se considerará las diferentes variables que permitan establecer parámetros que indiquen si el objetivo principal y los secundarios se podrán llevar a cabo.

### **1.2 Marco teórico conceptual**

Como marco teórico se hace necesario considerar temas importantes relacionados al presente trabajo, con la finalidad de profundizar en información pertinente que sirva de sustento para corroborar este proyecto de tesis.

#### **1.2.1 Código orgánico de la producción, comercio e inversiones**

El Código Orgánico de la Producción, Comercio e inversiones (COPCI) fueron publicados en el registro oficial 351 el 29 de diciembre del 2010, y entró

en vigencia para regular las actividades de producción que se realicen a partir del año 2011.

El COPCI, está compuesto por 5 libros dentro de los cuales se mencionan puntos como los cambios en materia laboral, las normas sobre inversiones, los incentivos para el desarrollo productivo, la nueva figura de las zonas especiales de desarrollo económico (ZEDE), y los cambios en materia de comercio exterior y aduanas.

En la parte final del código reemplaza lo que antes era la Ley Orgánica de Aduanas. Se establece una nueva normativa aduanera que debe ser revisada con mucha atención por parte de los usuarios cuya actividad económica guarda una estrecha relación con esta materia.

La Corporación Aduanera Ecuatoriana (CAE) desaparece y es reemplazada por el Servicio Nacional de Aduana del Ecuador (SENAE). El nuevo ente es dirigido por un Director General y contará con las Direcciones Distritales. Lo que cambió es, en definitiva, la dualidad del directorio y la gerencia general, como se lo había conocido.

En lo referente a los principios generales aduaneros, el código incluye a la “buena fe” señalando que se la presume en todo trámite o procedimiento aduanero. Si bien resulta fácil decir que no había necesidad de incluir algo semejante, en el medio aduanero esta inclusión es muy importante y habrá que hacerla valer con insistencia a fin de cambiar la forma de pensar de muchos funcionarios de la aduana, para que se comprenda que es a ellos a quienes compete establecer objetivamente las situaciones que puedan destruir esa presunción.

Una nueva figura que puede ser trascendental para los clientes es la inclusión de la posibilidad de presentar una declaración sustitutiva, hasta dentro



de los cinco años siguientes, encaminada a corregir errores de buena fe de la declaración aduanera, con el consiguiente pago de los tributos e intereses que correspondan. El código de la producción deroga expresamente, entre otros, los siguiente cuerpos normativos: Leyes de fomento, nacionales o provinciales, Ley de comercio exterior e inversiones, de junio de 1197, Ley de promoción y garantía de las inversiones, de diciembre de 1997, Ley de zonas francas, que fue codificada en abril de 2005, Ley Orgánica de aduanas.

### **1.2.2 Fumigación agrícola**

Para Ferri y Bermejo (2006):

La fumigación del suelo o la utilización de técnicas como la solarización, es necesaria en el caso de presencia de organismos fitopatógenos en el suelo. La preparación del suelo finaliza mediante un laboreo superficial poco antes de la plantación, que deje el terreno limpio de malas hierbas y refinado para proceder al trazado.

Un fitopatógeno es un organismo que se asocia de manera estrecha con una planta y se reproduce o se desarrolla a expensas de ella (Romero & colaboradores, 2003, pág. 66). Las pérdidas de productos agrícolas debido a la infestación de plagas y enfermedades durante las etapas de pre y post-cosecha ocasionan problemas de gran consideración.

En la agricultura comercial contemporánea, la fumigación sigue siendo un factor predeterminante para los controles de plagas en los cultivos y erradicar cualquier organismo que pueda causar daños en el sembrado.

En 1976, un patógeno considerado cercanamente relacionado con *Mycosphaerella fijiensis*, fue descrito en Centroamérica, en el Valle del Ulúa en Honduras, donde una enfermedad similar a la raya negra del Pacífico se estaba observando desde 1972. Esta enfermedad fue denominada Sigatoka negra, para distinguirla de la raya negra y el patógeno fue nombrado como *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis* Mulder y Stover, basados en algunas diferencias que se argumentó observar en las estructuras de reproducción asexual (Inibap, 2003, pág. 11).

Otra de las plagas que afectan al crecimiento de las plantaciones bananeras es la Sigatoka Negra. Esta es causada por el hongo Ascomiceto *Mycosphaerella Fijiensis* Morelet (anamorfo *Pseudocercospora fijiensis*) (Crous & Mourichon, 2002).

La enfermedad causada por esta plaga puede reducir al 100% la producción, lo que ocasiona que los frutos no alcancen el peso necesario y medidas para uso de exportación (Marín, Romero, Guzmán, & Sutton, 2003).

Desde hace varios años, los agricultores han utilizado rutinariamente fumigantes para preparar el suelo para cultivos anuales sensibles, y para la plantación de nuevos huertos en terrenos donde los huertos anteriores del mismo tipo fueron cultivados.

Los fumigantes se aplican al suelo dispersándose a través de los espacios de aire en contacto con los organismos. Para que sean eficaces, el suelo tiene que estar preparado para un labrado fino, residuos de cosechas anteriores que no se han descompuesto.

El fumigante debe ser entregado a la profundidad óptima y la superficie de sellado del suelo según sea apropiado por el riego, o la aplicación de láminas. Después de un tiempo especificado el suelo se airea y debe transcurrir un cierto tiempo antes de que el cultivo se siembra.

La fumigación agrícola resuelve muchos problemas en los cultivos, se mata a los hongos, patógenos de plantas y semillas de malezas. Además, cuando se aplica apropiadamente, pueden crear un entorno óptimo para el crecimiento de la planta y el desarrollo de la raíz, el suelo tratado permite que las plantas alcancen su máximo potencial, lo que aumenta los rendimientos en proporciones dramáticas.

### **1.2.3 Fumigación aérea**

Los pulverizadores aerotransportados son equipos de aplicación de productos fitosanitarios diseñados para su montaje en aeronaves (avión o helicóptero) y tienen la posibilidad de realizar tratamientos a distintos volúmenes de aplicación. (Blanco Roldán, Gil Ribes, & Gamarra Diezma, 2013, pág. 8)

La tarea de fumigación agrícola se la lleva a cabo mediante avionetas o helicópteros agrícolas, fundamentalmente el manejo de los dos sistemas es similar.

No obstante el helicóptero realiza la tarea con mayor precisión debido a que puede mantenerse suspendido en el aire gracias a su sistema de sobrevuelo con doble hélice, mientras que la avioneta realiza un recorrido aéreo sin la posibilidad de detenerse en un área específica.

**Tabla 1**

**Condiciones de la calidad de la aplicación en función del tipo de aeronave.**

	ALTURA DE VUELO	LONGITUD DE PÉRTIGA	VELOCIDAD
AVIÓN	Debe ser igual o inferior al 75% de la envergadura	Debe ser inferior al 75% de la envergadura	Casi constante, poca posibilidad de variación
HELICÓPTERO	No existe ninguna restricción al respecto	*No existe ninguna restricción al respecto	Posibilidad de variación (problemas de homogeneidad en el tratamiento)

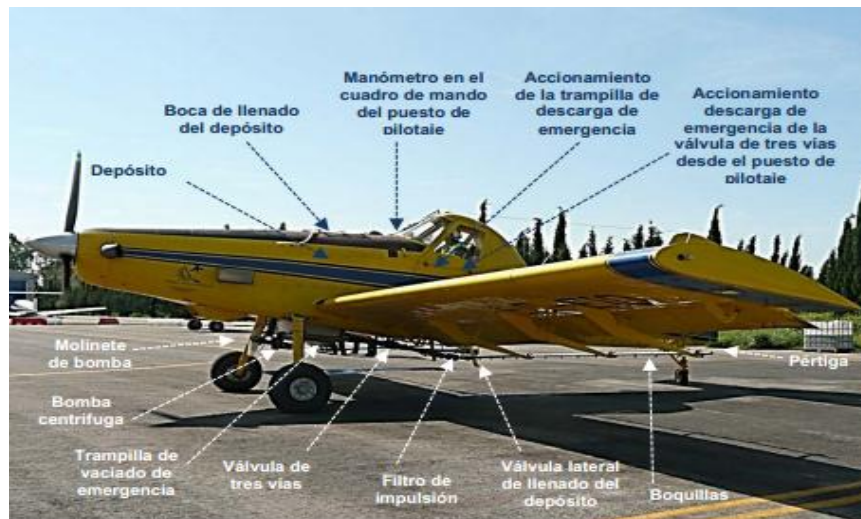
**Fuente:** Informe de Mantenimiento y calibración de maquinaria para aplicación de productos fitosanitarios del Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural

**Elaborado por:** Autores

Para realizar las aplicaciones de ultra bajo volumen (UBV) estas aeronaves se deben equipar con bombas centrifugas (atomizadores) y para las aplicaciones con volúmenes mayores se equipan con boquillas que generalmente son de turbulencia. (Blanco Roldán, Gil Ribes, & Gamarra Diezma, 2013)

## Gráfico 1

### Elementos de un pulverizador aerotransportado por un avión



**Fuente:** Informe de Mantenimiento y calibración de maquinaria para aplicación de productos fitosanitarios del Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural

**Elaborado por:** Gregorio L. Blanco Roldán, Jesús A. Gil Ribes, Gamarra Diezma Juan Luis

En el Gráfico 1 se puede observar cada uno de los componentes del pulverizador aerotransportado de una avioneta agrícola. La correcta posición de las boquillas contribuirá a que el proceso de pulverizado se realice de una forma eficiente y uniforme.

## Gráfico 2

### Elementos de un pulverizador aerotransportado sobre helicóptero



**Fuente:** Informe de Mantenimiento y calibración de maquinaria para aplicación de productos fitosanitarios

**Elaborado por:** Gregorio L. Blanco Roldán, Jesús A. Gil Ribes, Gamarra Diezma Juan Luis

En el Gráfico 2 se detalla cada uno de los elementos que conforman el equipo aerotransportado para el proceso de fumigación mediante un helicóptero, con las siguientes partes: bomba sin molinete, accionada por el propio motor del helicóptero o por una motobomba independiente; localización distinta del depósito de caldo, a ambos lados del motor, en el interior de la cabina y las boquillas centrífugas hidráulicas o eléctricas.

Esporádicamente, es necesario realizar revisiones específicas y calibraciones para que se logre detectar cualquier imperfección o mal funcionamiento de la maquina como consecuencia de su uso o desgaste que sufran cada una las partes y piezas, y de esta manera evitar que la dosis estimada no sea distinta de la realmente aplicada y obtener una mayor

efectividad lo que conlleva a una reducción de deterioro medio ambiental y salud humana, así como a la disminución de costes.

#### **1.2.4 Equipo de fumigación**

De acuerdo a Williams, *“Los equipos fijos de fumigación comprenden los dispersores de plaguicida y los equipos de recirculación. Los dispersores pueden ser para pastillas (fosfina), o para gas (por ejemplo, bromuro de metilo)”*. (1996, pág. 117). Las personas que trabajan en el control de plagas, en la agroindustria, la respuesta a los desastres, entre otros, deben saber cómo utilizar la fumigación y equipos de descontaminación. Este equipo está especialmente diseñado para desinfectar áreas grandes y hacerlos habitables una vez más, existiendo varios tipos de equipos de fumigación y descontaminación.

Existe una gran cantidad de productos disponibles para la fumigación comercial y descontaminación, los fumigantes son gases químicos diseñados para matar o ahuyentar las plagas, incluyendo roedores, insectos. Descontaminantes, que pueden ser gases, líquidos o sólidos, se han diseñado para matar a los parásitos y agentes patógenos en una zona con el fin de hacerlo apto para los seres vivos.

Los productos químicos utilizados en la fumigación y la descontaminación son dispensados con más frecuencia con rociadores y bombas, estos rociadores industriales vienen en varios tamaños. Los trabajadores de control de plagas suelen emplear más pequeños, pulverizadores portátiles con un arnés que les permite ser transportado en la espalda del trabajador.

Los pulverizadores más grandes suelen pesar hasta 12.8 kg, como lo es el modelo SR450 de la Compañía Stihl, lo que dificulta las tareas de fumigación en

zonas inestables o fangosas, estas máquinas suelen usar mangueras largas que contribuyen al manipulador llegar a todas las áreas que se van a fumigar. Las boquillas de pulverización en los pulverizadores son a menudo muy estrechas y largas, lo que permite a los trabajadores a tratar a todos los rincones de la zona afectada. Incluso los sistemas más grandes sencillamente se conectarán al sistema de aire de la ubicación y el uso de mangueras grandes para bombear fumigante y descontaminantes en la zona afectada. (Blanco Roldán, Gil Ribes, & Gamarra Diezma, 2013)

Los plaguicidas son sustancias naturales químicas (orgánica o inorgánica) o mezcla de ellas, destinadas a prevenir, destruir y controlar plagas y enfermedades. (Inostroza, Méndez, & Ríos , 2011). Estos químicos utilizados en la fumigación y la descontaminación suelen ser tóxicos, no sólo a los organismos que van a erradicar, sino también a los seres humanos y otros animales. Debido a este hecho, los trabajadores deben utilizar equipos para protegerse a sí mismos, los demás y el medio ambiente.

Los propios trabajadores llevan máscaras, guantes o incluso equipos de protección para que todo el cuerpo se adapte a la descontaminación. También cubren artículos tales como muebles, electrodomésticos, paredes y otros accesorios con especiales, resistentes a químicos con láminas de plástico. Los materiales contaminados en un área fumigada son a veces inutilizable tras ser descontaminados y deben ser cuidadosamente eliminados, desechables, o en algunos casos almacenado.

Para los grandes proyectos de limpieza y descontaminación, existen equipos móviles, tales como retroexcavadoras, excavadoras, cargadores frontales y volquetes que se utilizan en estos casos, los sacos industriales de basura y contenedores son también los temas que son cruciales para la limpieza de los residuos peligrosos.



### 1.2.5 Agricultura

Según Alonso (1997), *“La agricultura es el tronco a partir del cual se estructura y se diseña la estrategia de la subsistencia rural. De dicha matriz se genera una cultura agraria, durante todo el proceso del ciclo agrícola”*. (Pág. 127).

La agricultura es la simplificación de las cadenas tróficas de la naturaleza y la reorientación de la energía para la siembra. Para simplificar, la agricultura implica re direccionar el flujo natural de la naturaleza de la red trófica. El proceso natural de la cadena alimenticia empieza cuando el sol proporciona luz a las plantas, las plantas convierten la luz solar en azúcares que sirven de alimento para ellas (este proceso se llama fotosíntesis).

Las plantas proporcionan alimento para los herbívoros y los animales herbívoros alimentan a los carnívoros. Los descomponedores o bacterias, descomponen las plantas o los animales que han muerto, los nutrientes de las plantas y los animales se remontan en el suelo y todo el proceso comienza de nuevo.

Básicamente, la agricultura puede ser definida como el uso sistemático y controlado de los seres vivos y el medio ambiente para mejorar la condición humana. La tierra agrícola es la base de la tierra sobre la que se practica la agricultura. Por lo general ocurre en las granjas, las actividades agrícolas se llevan a cabo en las tierras agrícolas para producir productos agrícolas.

Aunque la tierra agrícola es principalmente necesaria para la producción de alimentos para consumo humano y animal, las actividades agrícolas como el cultivo de plantas sirven también para fibras y combustibles (incluyendo madera), y para otros productos orgánicos derivados (productos farmacéuticos, entre otros). Los insumos físicos, químicos y biológicos que son esenciales para los sistemas agrícolas, y en última instancia, los que son suministrados por el suelo, la humedad, el sol, las plantas, los animales y los agentes biológicos. En los sistemas agrícolas productivos estas entradas son necesariamente

controladas, en la medida de lo posible, a través de prácticas agrícolas apropiadas. Cuánto más hábilmente se prepare la base de tierra que proporciona y mantiene estos insumos, será más capaz y productiva.

Sin embargo, no todas las tierras agrícolas son aptas para la cosecha de cualquier producto, sin importar el nivel de gestión aplicado, los principales factores que pueden afectar al buen rendimiento son el clima y la topografía.

Los factores externos como los costos empresariales asociados con la implementación y el mantenimiento de un determinado sistema agrícola, la cercanía de la granja a la red de transporte, así como los aspectos del mercado al que se vende y obtiene un beneficio, también influyen en la producción agrícola. Generalmente se puede clasificar a la agricultura en dos tipos, la agricultura convencional y la agricultura sostenible.

### **1.2.6 Agricultura de precisión**

El sistema tradicional de producción agrícola consiste en la aplicación de insumos de manera homogénea en toda la superficie cultivable, esto significa que el productor o agricultor cosecha sus plantaciones sin utilizar técnicas que logren identificar las áreas que realmente necesitan ser intervenidas, lo que conlleva a un gasto innecesario y desperdicios de recursos que a su vez puede ocasionar graves problemas medioambientales como la acelerada erosión del suelo, contaminación de aguas de riego y altera la integridad genética de los alimentos cosechados. Los productores que mantienen este sistema tradicional generalmente obtienen resultados de menor rendimiento y de baja productividad a diferencia de aquellos productores que utilizan el sistema de agricultura de precisión.

La agricultura de precisión o agricultura basada en el manejo localizado es una tecnología agrícola la cual radica en que las explotaciones agrícolas se gestionen dependiendo de las necesidades reales de cada zona del cultivo. (López Granados, 2013, pág. 41). Esta tecnología se aplica con la finalidad de

resolver con mayor precisión cualquier anomalía que pueda surgir en el proceso de cultivo y tomar acciones correctivas que se traduzcan en reducción de costos, tratamientos innecesarios, mejorar el rendimiento, aumento de rentabilidad y sobretodo la disminución del impacto ambiental.

Para la aplicación de la agricultura de precisión es necesaria la implementación de cámaras multiespectrales que pueden ser adaptadas en aeronaves no tripuladas, estas cámaras se usan para captar imágenes de los cultivos en el rango de frecuencias infrarrojas y luz visible. (García V. & Vázquez A. , 2012). Estas imágenes se acoplan con un gráfico a color que proporciona la información necesario para conocer el desarrollo de la cosecha e identifica la las áreas afectadas.

Un dron puede mostrar una imagen multiespectral de una plantación agrícola, en la cual se puede observar las áreas afectadas por distintos factores, sean estos por problemas de plagas, por falta de riego o la sobre fertilización. Estas imágenes facilitan a los productores a tomar decisiones más acertadas que impliquen un uso eficiente de fertilizantes e insumos agrícolas, lo que en materia económica se representa como optimización de los recursos empleados.

### **1.2.7 Sensores multiespectrales**

Estos sensores son de bajo costo, de gran eficiencia y de diminuto tamaño como los CCD que generan imágenes multiespectrales de manera cuantitativa es decir en formato digital. Las imágenes resultantes de estos sensores en formato digital, pueden ser almacenadas en medios magnéticos u ópticos y procesadas en computadora con sistemas de análisis especializadas. (Lira Chávez, 2012, pág. 559)

Las cámaras con sensores multiespectrales permiten monitorear el estado de los cultivos, identificar el crecimiento de las malas hierbas y otros daños que puedan afectar al desarrollo de una buena cosecha, adicionalmente estas cámaras logran captar otras partes del espectro, como cámaras térmicas o de infrarrojo, las cuales tienen la facultad de detectar el estado de la vegetación y obtener conocimientos acerca de la situación nutricional o salud del cultivo. En la actualidad a estas cámaras se les adapta sensores térmicos que posibilitan percatarse del stress hídrico (falta o exceso de riego) que sufre una plantación.

### **1.2.8 Drones**

Los UAV o drones como comúnmente son llamados estas aeronaves no tripuladas, fueron creados para cumplir tareas en misiones de reconocimiento y ataques a blanco militares no obstante en los últimos años científicos han adaptado esta tecnología para su implementación en diferentes tareas de uso civil, tales como: inspección de incendios, monitoreo de eventos políticos, reconocimientos de desastres naturales, topografía, inspecciones en instalaciones y plantas, vigilancia y control medioambiental, inspecciones y seguridad mediante control termográfico, reportajes aéreos, rescates, tareas de inspección agrícola, entre otras tareas que surgen de las necesidades propias de las actividades que se ejecutan diariamente en diferentes ámbitos.

Los drones son vehículos aéreos no tripulados de tamaño pequeño o mediano, los cuales son controlados de forma remota por un operador a distancia. Normalmente suelen estar equipados con Sistemas de Posición Global, (GPS) por sus siglas en inglés Global Position System, lo que ayuda al operador a saber con exactitud donde se encuentra su aeronave, otros equipos que suelen ser adaptados a los drones son sensores infrarrojos, cámaras de alta resolución que permiten grabar videos y controles de radares.

## **2. DISEÑO METODOLÓGICO**

### **2.1 Caracterización de la investigación**

La investigación está basada con un enfoque cuantitativo para realizar una medición de la experiencia y de la opinión que los productores bananeros de la Provincia de El Oro tienen acerca de la fumigación aérea con avionetas o helicópteros. Además se desea recabar información sobre el conocimiento de fumigación aérea con drones y se requiere precisar si el agricultor sabe de la importancia de aplicarlos en la agricultura.

La información recabada será de vital importancia para la fundamentación del proyecto de tesis, debido a que permitirá conocer las necesidades de los productores bananeros de la provincia de El Oro y a su vez permitirá obtener una mejor visión acerca de los puntos críticos de la fumigación aérea tradicional.

“La investigación por encuesta es considerada como una rama de la investigación social científica orientada a la valoración de poblaciones enteras mediante el análisis de muestras representativas de la misma” (Ávila Baray, 2006, pág. 66). La técnica que se utilizará para medir los factores anteriormente mencionados es la encuesta.

### **2.2 Población**

Para el estudio de la población se tomó en cuenta los últimos datos publicados en la “Distribución del catastro bananero de la Provincia de El Oro a nivel cantonal – Agosto 2011”, el cual fue realizado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Este estudio nos permite tener conocimiento de la cantidad de pequeños, medianos y grandes productores que comparten la población total.

**Tabla 2**  
**Distribución del catastro bananero a nivel cantonal - Agosto 2011**

MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESCA  
 DISTRIBUCIÓN DEL CATASTRO BANANERO A NIVEL CANTONAL - AGOSTO 2011

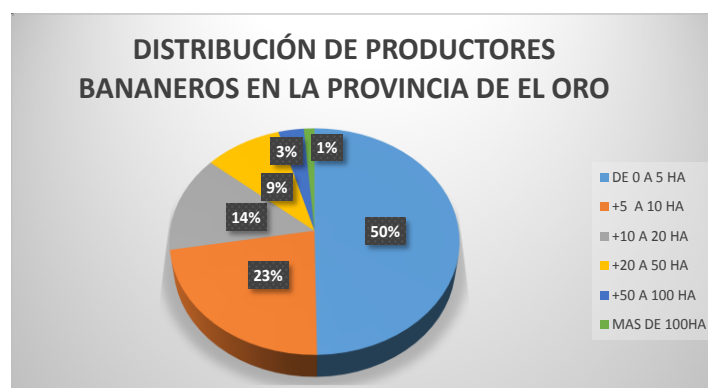
PROVINCIA	CANTON	RANGO											
		DE 0 A 5		+5 A 10		+10 A 20		+20 A 50		+50 A 100		MAS DE 100	
		PRODUCT	HAS INCR	PRODUCT	HAS INCR	PRODUCT	HAS INCR	PRODUCT	HAS INCR	PRODUCT	HAS INCR	PRODUCT	HAS INCR
EL ORO	ARENILLAS	81	270,7	70	533,27	36	522,77	18	597,99	2	117,47	1	124
	CHILLA	1	2,5										
	EL GUABO	860	2.340,69	265	2.065,23	196	2.939,99	130	4.132,20	46	3.105,68	30	7.713,35
	MACHALA	609	1.691,17	305	2.333,77	162	2.504,50	127	4.114,97	54	3.978,06	15	2.161,46
	PASAJE	491	1.271,20	197	1.450,90	88	1.320,44	72	2.227,49	19	1.349,60	7	1.032,94
	PIÑAS	2	5,18	1	8,54	3	39,96						
	SANTA ROSA	132	426,1	149	1.219,59	120	1.796,09	66	2.218,16	15	1.118,72	4	523
<b>TOTAL</b>		<b>2176</b>	<b>6007,54</b>	<b>987</b>	<b>7611,3</b>	<b>605</b>	<b>9123,75</b>	<b>413</b>	<b>13290,81</b>	<b>136</b>	<b>9669,53</b>	<b>57</b>	<b>11554,75</b>

**Fuente: Magap**

**Elaborado por: Autores**

Los resultados de la tabla no. 2 reflejan que dentro del rango de 0 a 5 hectáreas se encuentra el mayor número de productores, no obstante es la categoría que representa el menor número de hectáreas cultivadas, mientras que en el rango de más de 100 hectáreas se ubican el menor número de ofertantes los que a su vez reflejan la mayor participación de hectáreas cosechadas.

**Gráfico 3**  
**Distribución de productores bananeros de la Provincia de El Oro**



**Fuente:** Magap

**Elaborado por:** Autores

En el Gráfico 3 se refleja que el 50% de los productores bananeros son dueños de plantaciones de 0 a 5 hectáreas mientras que solo el 1% de los productores tienen parcelas mayores a 100 hectáreas.

“Al desarrollar un proyecto de investigación el total de observaciones en las cuales se está interesado, sea su número finito o infinito, constituye lo que se llama una población” (Ávila Baray, 2006, pág. 88). En este caso el total de la población es 4374.

### **2.3 Muestra**

#### **Tipo de muestra**

La técnica empleada en el proceso de investigación se basó en el tipo de muestra estratificado con asignación proporcional. Este procedimiento divide la población en sub –grupos o también llamados estratos, de los cuales se extraerá la muestra (Ávila Baray, 2006, pág. 91).

Se ha establecido el uso de asignación proporcional para que las encuestas sean distribuidas equitativamente de acuerdo al tamaño de los estratos en la población, es decir que las encuestas tendrán que ser repartidas de acuerdo al porcentaje que representa el estrato en la población.

**Tabla 3**

#### **Estratos de pequeños, medianos y grandes productores**

<b>Tamaño</b>	<b>Productores</b>	<b>% participación</b>
<b>Peq. 0-10 ha</b>	3163	72%
<b>Med. 11-50 ha</b>	1018	23%
<b>Grand. 51 o más</b>	193	5%
<b>Total</b>	<b>4374</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Magap

**Elaborado por:** Autores

Para el desarrollo de la investigación se ha dividido la población en tres sub-grupos de acuerdo a la cantidades inscritas en el MAGAP de 0 a 10 hectáreas son catalogados como pequeños productores; de más de 10 hasta 50 se los considera como medianos y los grandes productores del mercado son aquellos que poseen de 51 o más hectáreas.

### **Cálculo de la muestra**

Para el cálculo de la muestra se aplicó el método de universo finito debido a que la población es menor a 100.000, con este cálculo se logró establecer el número óptimo de encuestas que se debe realizar. Según Aching Guzmán en su “Guía rápida ratios financieros y matemáticas de la mercadotecnia” (Aching Guzmán, 2004, pág. 46) las variables que se deben aplicar son las siguientes:

- Número de elementos de la muestra.
- N: Es el tamaño de la población o universo (número total de posibles encuestados).
- Z: Refleja a la constante que representa el nivel de confianza asignado en el cálculo.
- e: Corresponde al margen de error muestral deseado.
- P: Simboliza la magnitud de individuos en la población que poseen las características de estudio.
- Q: Se encuentra determinado por la magnitud de individuos en la población que no poseen las características de estudio.

En el siguiente gráfico se logra observar el procedimiento empleado para la obtención del número de elementos de la muestra. El nivel de confianza (Z) que se asignó fue de un 95%, lo que según la tabla de distribución normal el



valor Z debe ser de 1,96. Según Aching, cuando el valor de P y Q son desconocidos, es conveniente aplicar el caso de P=Q=50%, es decir P=0,5 y Q=0,5 (2004). El tamaño de la población en este caso es de 4,374 productores y para el margen de error se determinó el valor de 5%.

**Gráfico 4**  
**Cálculo de la muestra**

<b>CÁLCULO DE LA MUESTRA</b>	
$n = \frac{Z^2 * p * Q * N}{(e^2 * (N-1)) + Z^2 * p * Q}$	
$n = \frac{1,96^2 * 0,5 * 0,5 * 4.374}{(0,05^2 * (4.374-1)) + 1,96^2 * 0,5 * 0,5}$	
$n = \frac{4.200,79}{11,89}$	
$n = 353,30$	
<b>n= 353 Productores que conforman la muestra</b>	

**Elaborado por: Autor**

**Tabla 4**  
**Número de encuestas realizadas a cada estrato**

<b>Tamaño productores</b>	<b>Porcentaje participación</b>	<b>Encuestas</b>
<b>Pequeños</b>	72%	254
<b>Medianos</b>	23%	81
<b>Grandes</b>	5%	18
<b>Total</b>	100%	353

**Fuente: Magap**

**Elaborado por: Autores**

En la tabla 4 se observa el número de encuestas que se debe realizar a cada estrato dividido en pequeños, medianos y grandes productores, tomando en cuenta el porcentaje de participación que cumple cada uno en la población.

#### **2.4 Determinación de los objetivos de la encuesta**

El propósito de realizar la encuesta es la de establecer parámetros que determinen las necesidades de los pequeños y medianos productores bananeros de la Provincia del El Oro, para esto se introducirá en la encuesta consultas que logren diagnosticar el déficit en el proceso de producción agrícola tanto en la etapa de pre cosecha como en la post cosecha.

Adicionalmente se requiere conocer cuál es el grado de satisfacción con el sistema de fumigación aérea tradicional, tarea la cual es realizada con avionetas especialmente diseñadas para el uso de exterminación de plagas y hongos agrícolas que afectan gravemente a la plantación cultivada.

Otros de los objetivos fundamentales de la encuesta es averiguar cuáles son los precios promedios que los productores bananeros de la provincia del El Oro cancelan a su proveedor de servicio de fumigación aérea.

Medir el grado de satisfacción en relación a los valores que pagan con el servicio adquirido; lo cual servirá como indicador para ajustar precios en el servicio de implementación de drones para tareas de fumigación.

Previa a las respectivas indicaciones a los productores bananeros de la provincia de El Oro acerca de las múltiples tareas que ofrece esta tecnología en cuestión de productividad, se requiere confirmar si estarían dispuestos a implementar el servicio de drones en sus procesos de cultivación agrícola.

## **2.5 Procesamiento y análisis de la información**

El proceso de recolección de datos se llevó a cabo en poblaciones aledañas a plantaciones bananeras de la provincia de El Oro. Después de realizar el proceso de encuesta se analizó la información recolectada minuciosamente y se procedió a procesar los datos obtenidos en dos técnicas para tener una perspectiva de la finalidad de la encuesta.

Las técnicas que se implementaron para analizar la información recabada son: conteo de las opciones que cada encuestado seleccionó en cada una de las preguntas, posterior a este conteo se procedió a realizar una regla de tres para determinar los porcentajes de todas las respuestas. Los porcentajes sirvieron para ser tabulados y plasmados en gráficos que indicaron las tendencias de las opciones que predominan en cada una de las preguntas.

Una vez realizada estas dos técnicas se procedió a construir la exposición de los resultados arrojados, el análisis de estos resultados y la conclusión de la investigación. Los resultados obtenidos serán de gran relevancia para conocer las opiniones y experiencias del público encuestado.

## **2.6 Tabulación y presentación de resultados**

En este punto se presentará los resultados que se aplicó a la muestra de la población, en este caso el cálculo de la muestra arrojó como resultado un total de 353 productores de la Provincia de El Oro a encuestar, la muestra se dividió en pequeños, medianos y grandes productores.

Durante el proceso de recolección de datos se realizó un total de 497 encuestas de las cuales se descartaron 144 debido a que se aplicó el tipo de muestreo estratificado con asignación proporcional, el cual estableció un número de encuestas específicos para cada sub-población (estratos) el cual se puede apreciar en la tabla no. 4.

## 2.7 Resultados de la investigación

A continuación se presentará los resultados obtenidos de cada pregunta realizada a los productores encuestados de la Provincia de El Oro y se exhibirá el gráfico para mejor representación de los datos obtenidos.

**Tabla 5**

**Pregunta 1: ¿Se dedica usted al cultivo de banano?**

	<b>Frec. Abs.</b>	<b>Frec. Abs. Acum.</b>	<b>Frec. Rela.</b>	<b>Frec. Rela. Acum.</b>
<b>Si</b>	353	353	100%	100%
<b>No</b>	0	0	0%	0%
<b>TOTAL</b>	<b>353</b>		<b>100%</b>	

**Elaborado por:** Autores

**Gráfico 5**

**Tabulación de respuesta a la pregunta No 1**



**Elaborado por:** Autores

Los datos de la investigación llevada a cabo en las poblaciones aledañas a las plantaciones de cultivos bananeros indicaron que el 100% de los productores encuestados se dedican a las tareas de producción de banano para su comercialización.

**Tabla 6**

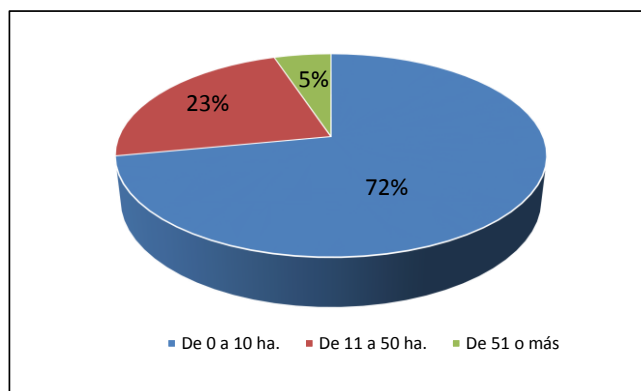
**Pregunta 2 ¿Cuál es el rango de hectáreas de su plantación bananera?**

	<b>Frec. Abs.</b>	<b>Frec. Abs. Acum.</b>	<b>Frec. Rela.</b>	<b>Frec. Rela. Acum.</b>
De 0 a 10 ha.	254	254	72%	72%
De 11 a 50 ha.	81	335	23%	95%
De 51 o más	18	353	5%	100%
<b>TOTAL</b>	<b>353</b>		<b>100%</b>	

**Elaborado por: Autores**

**Gráfico 6**

**Tabulación de respuesta a la pregunta No 2**



**Elaborado por: Autores**

Considerando que la investigación se llevó a cabo con el método del muestreo estratificado con asignación proporcional se solicitó en las encuestas colocar el rango de hectáreas que posee el productor, de esta forma se logrará precisar cuál es la opinión y experiencia de cada estrato.

**Tabla 7**

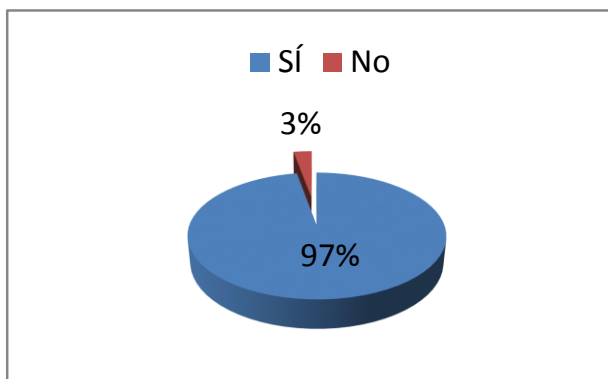
**Pregunta no. 3 ¿Utiliza Ud. algún tipo de sistema de fumigación en su plantación? Si su respuesta es NO por favor saltarse a la pregunta no. 10**

	<b>Frec. Abs.</b>	<b>Frec. Abs. Acum.</b>	<b>Frec. Rela.</b>	<b>Frec. Rela. Acum.</b>
Sí	343	343	97%	97%
No	10	353	3%	100%
<b>TOTAL</b>	<b>353</b>		<b>100%</b>	

**Elaborado por: Autores**

**Gráfico 7**

**Tabulación de respuesta a la pregunta No 3**



**Elaborado por:** Autores

Esta pregunta se realizó para conocer cuáles son los productores que tienen como parte de su proceso el sistema de fumigación, el gráfico 8 logra apreciar que el 97% de productores realiza tareas de fumigación en sus cultivos mientras que el 3% restante no lo aplica.

**Tabla 8**

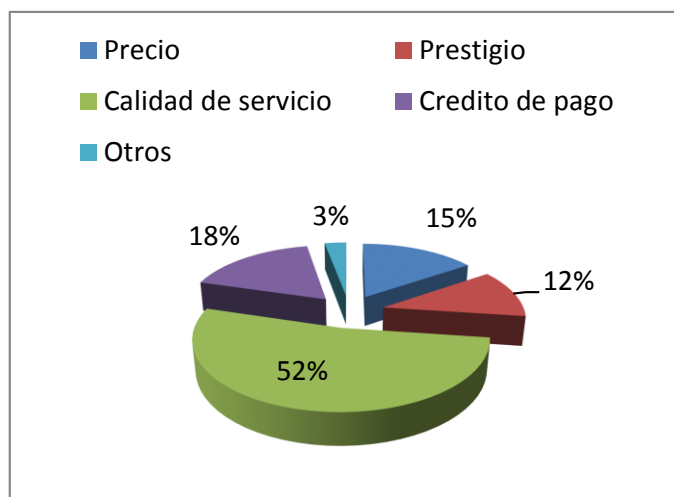
**Pregunta no. 4 ¿Qué factor es de mayor relevancia para escoger al proveedor de fumigación?**

	<b>Frec. Abs.</b>	<b>Frec. Abs. Acum.</b>	<b>Frec. Rela.</b>	<b>Frec. Rela. Acum.</b>
<b>Precio</b>	53	53	15%	15%
<b>Prestigio</b>	40	93	12%	27%
<b>Calidad de servicio</b>	180	273	52%	80%
<b>Credito de pago</b>	60	333	17%	97%
<b>Otros</b>	10	343	3%	100%
<b>TOTAL</b>	<b>343</b>		<b>100%</b>	

**Elaborado por:** Autores

**Gráfico 8**

**Tabulación de respuesta a la pregunta No 4**



**Elaborado por: Autores**

Sin duda alguna al momento de seleccionar un proveedor de fumigación el factor que más relevancia tiene es la calidad de servicio que estos brindan. Otro factor de gran importancia es el crédito y la facilidad de pago que el proveedor otorga a sus clientes. Como se puede observar en el gráfico 8, el factor precio obtiene un tercer puesto dentro de las variables que los productores consideran al momento de contratar al proveedor.

**Tabla 9**

**Pregunta no. 5 ¿Cuál es el método que Ud. utiliza para realizar las tareas de fumigación en su plantación?**

	<b>Frec. Abs.</b>	<b>Frec. Abs. Acum.</b>	<b>Frec. Rela.</b>	<b>Frec. Rela. Acum.</b>
<b>Pulverizadores</b>	6	6	2%	2%
<b>Fumigacion aérea</b>	333	339	97%	99%
<b>Otros</b>	4	343	1%	100%
<b>Total</b>	<b>343</b>		<b>100%</b>	

**Elaborado por: Autores**

**Gráfico 9**

**Tabulación de respuesta a la pregunta No 5**



**Elaborado por: Autores**

En el gráfico 9 se logra apreciar que el método más empleado en las plantaciones bananeras de la provincia de El Oro es la fumigación aérea mientras que los pulverizadores manuales son utilizados con menos frecuencia, se podría establecer que existe mayor confianza en la fumigación aérea.

**Tabla 10**

**Pregunta no. 6 ¿Con qué frecuencia realiza la fumigación en su plantación durante la etapa de cosecha?**

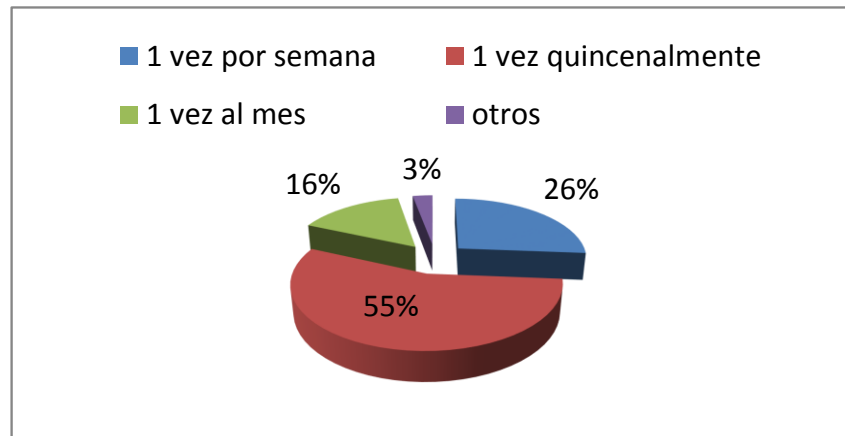
	<b>Frec. Abs.</b>	<b>Frec. Abs. Acum.</b>	<b>Frec. Rela.</b>	<b>Frec. Rela. Acum.</b>
<b>1 vez por semana</b>	90	90	26%	26%
<b>1 vez quincenalmente</b>	190	280	55%	55%
<b>1 vez al mes</b>	53	333	15%	15%
<b>otros</b>	10	343	3%	3%
<b>Total</b>	<b>343</b>		<b>100%</b>	<b>100%</b>

**Elaborado por: Autores**



**Gráfico 10**

**Tabulación de respuesta a la pregunta No 6**



**Elaborado por:** Autores

La mayoría de productores encuestados notificaron que la frecuencia con que realiza la fumigación en sus plantaciones es una vez cada quince días lo cual representa al 55% de los encuestados. Es importante mencionar que existen productores que en la etapa de cosecha realizan la fumigación una vez por semana.

**Tabla 11**

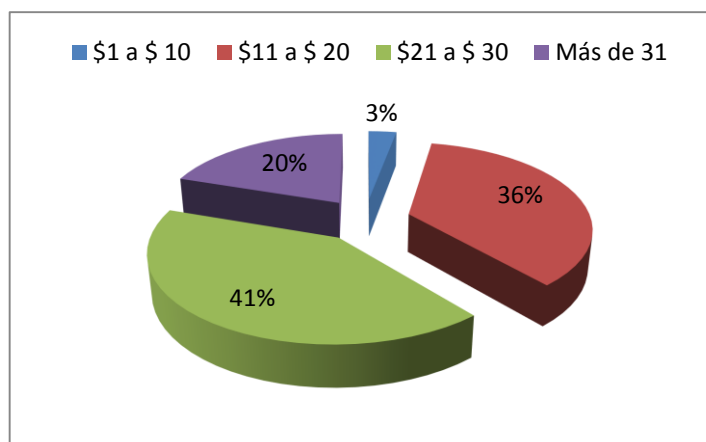
**Pregunta no. 7 ¿Cuál es el valor que usted invierte por cada hectárea fumigada sin contar el valor del químico rociado?**

	<b>Frec. Abs.</b>	<b>Frec. Abs. Acum.</b>	<b>Frec. Rela.</b>	<b>Frec. Rela. Acum.</b>
<b>\$1 a \$ 10</b>	10	10	3%	3%
<b>\$11 a \$ 20</b>	123	133	36%	39%
<b>\$21 a \$ 30</b>	142	275	41%	80%
<b>Más de 31</b>	68	343	20%	100%
<b>Total</b>	<b>343</b>		<b>100%</b>	

**Elaborado por:** Autores

**Gráfico 11**

**Tabulación de respuesta a la pregunta No 7**



**Elaborado por:** Autores

En las encuestas se logró conocer que los productores que poseen mayor número de hectáreas son aquellos más favorecidos debido a que las empresas de fumigación les cobran un menor valor si fumigan más de cincuenta hectáreas, es decir que acceden a un precio más competitivo.

En el gráfico 11 se logra observar que el 41% de productores gastan entre \$21 a \$30 que son aquellos que poseen un menor número de hectáreas mientras aquellos que tenían mayor hectáreaaje se les concedían un mejor precio en este caso representado por el 20%

**Tabla 12**

**Pregunta no. 8 ¿Confía usted que la fumigación aérea es efectiva para la exterminación de plagas?**

	<b>Frec. Abs.</b>	<b>Frec. Abs. Acum.</b>	<b>Frec. Rela.</b>	<b>Frec. Rela. Acum.</b>
<b>Sí</b>	303	303	88%	88%
<b>No</b>	40	343	12%	100%
<b>Total</b>	<b>343</b>		<b>100%</b>	

**Elaborado por:** Autores

**Gráfico 12**

**Tabulación de respuesta a la pregunta No 8**



**Elaborado por: Autores**

Esta pregunta nos ayuda a reflexionar sobre la confianza que tiene el productor bananero en la fumigación aérea. Con esta investigación se logró conocer que el 88% de los productores encuestados mantienen una plena confianza en este sistema. También existen aquellos productores que tienen una nula confianza en este sistema posiblemente por malas experiencias.

**Tabla 13**

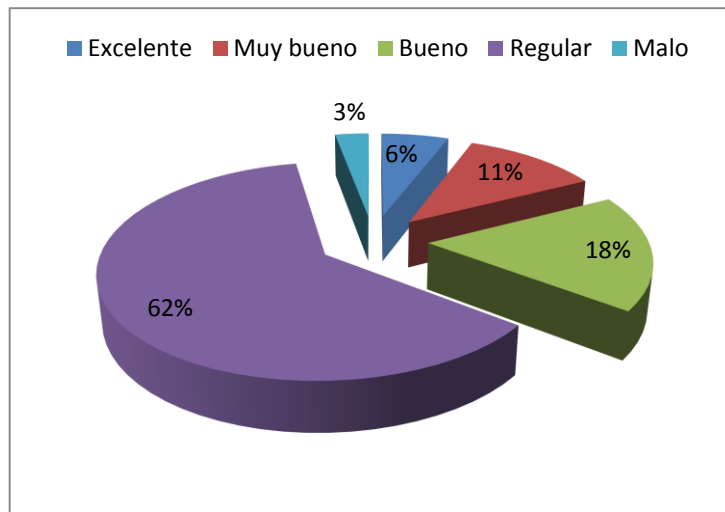
**Pregunta no 9 ¿Cómo califica el servicio de fumigación que utiliza en su plantación bananera?**

	<b>Frec. Abs.</b>	<b>Frec. Abs. Acum.</b>	<b>Frec. Rela.</b>	<b>Frec. Rela. Acum.</b>
<b>Excelente</b>	20	20	6%	6%
<b>Muy bueno</b>	40	60	12%	17%
<b>Bueno</b>	61	121	18%	35%
<b>Regular</b>	212	333	62%	97%
<b>Malo</b>	10	343	3%	100%
<b>Total</b>	<b>343</b>		<b>100%</b>	

**Elaborado por: Autores**

**Gráfico 13**

**Tabulación de respuesta a la pregunta No 9**



**Elaborado por:** Autores

El objetivo de esta pregunta es medir el grado de satisfacción que los productores bananeros encuestados tienen acerca del servicio de fumigación que le brinda su proveedor. Es importante conocer este factor para descifrar si existe un mercado insatisfecho en el cual la tecnología que se requiere implementar puede tener oportunidades de penetrar. El 62% de los encuestados mantienen una opinión de insatisfacción con el servicio que le provee su agente, ese mercado puede ser una oportunidad para la implementación de drones. Por otro lado en las encuestas se vio un resultado de que únicamente un 6% manifiesta que el servicio brindado es de excelentes condiciones.

**Tabla 14**

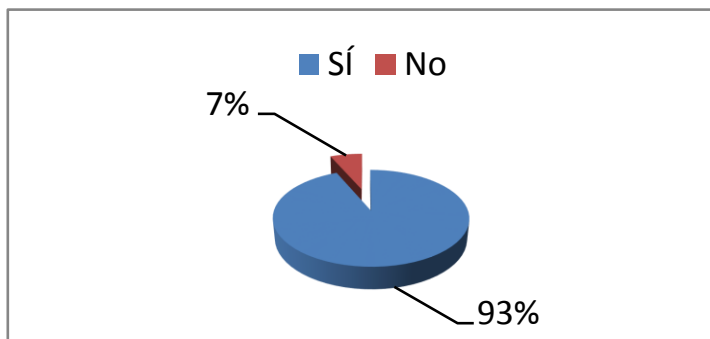
**Pregunta no 10 ¿Tiene Ud. conocimiento que en la fumigación tradicional solo el 40% del insecticida llega a la parte afectada de su plantación?**

	<b>Frec. Abs.</b>	<b>Frec. Abs. Acum.</b>	<b>Frec. Rela.</b>	<b>Frec. Rela. Acum.</b>
<b>Sí</b>	330	330	93%	93%
<b>No</b>	23	353	7%	100%
<b>Total</b>	<b>353</b>		<b>100%</b>	

Elaborado por: Autores

Gráfico 14

Tabulación de respuesta a la pregunta No 10



Elaborado por: Autores

Se realizó esta pregunta con el afán de conocer si los encuestados sabían cuál es el porcentaje de insecticida que llega a sus cultivos. El 93% de los encuestados conocían que únicamente el 40% del insecticida llega a la planta mientras se fumiga de la forma tradicional. Se puede deducir que los productores conocen acerca de la ineficiencia de este sistema, sin embargo lo utilizan al no tener otra opción.

Tabla 15

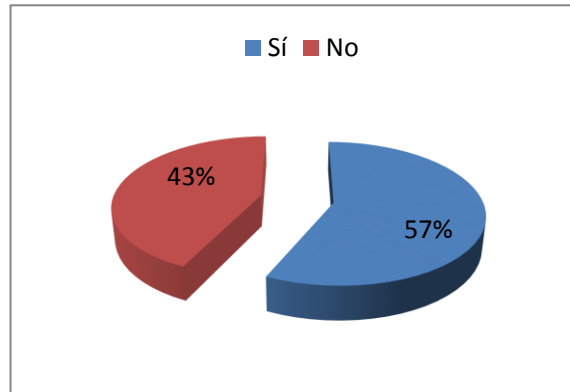
Pregunta no 11. ¿Conoce Ud. de las ventajas que tiene la fumigación con drones?

	Frec. Abs.	Frec. Abs. Acum.	Frec. Rela.	Frec. Rela. Acum.
<b>Sí</b>	201	201	57%	57%
<b>No</b>	152	353	43%	100%
<b>Total</b>	<b>353</b>		<b>100%</b>	

Elaborado por: Autores

**Gráfico 15**

**Tabulación de respuesta a la pregunta No 11**



**Elaborado por: Autores**

El 57% de productores dice tener conocimiento o han escuchado de las ventajas que ofrece un dron en las tareas de procesamiento agrícola, se podría establecer que los productores al verse en la necesidad se han informado de nuevos métodos que permita que sus plantaciones sean más productivas.

**Tabla 16**

Pregunta no. 12 Un dron ofrece al productor bananero una fumigación más precisa y mediante sus cámaras multispectrales usted puede realizar un eficiente control de plagas y monitoreo de su plantación bananera. Conociendo lo anterior ¿Estaría usted dispuesto a implementar el uso de drones en sus plantaciones?

	<b>Frec. Abs.</b>	<b>Frec. Abs. Acum.</b>	<b>Frec. Rela.</b>	<b>Frec. Rela. Acum.</b>
<b>Sí</b>	353	353	100%	100%
<b>No</b>	0	353	0%	100%
<b>Total</b>	<b>353</b>		<b>100%</b>	

**Elaborado por: Autores**

**Gráfico 16**

**Tabulación de respuesta a la pregunta No 12**



**Elaborado por:** Autores

Con estos resultados se puede deducir que existe un gran interés de parte de los productores bananeros en implementar nuevos sistemas que hagan sus procesos más eficientes y productivos. El 100% de la muestra coincidió que si implementaría esta tecnología. Esta respuesta del personal encuestado hace prever que el drone tendrá una considerable aceptación.

## **2.8 Conclusión de la encuesta**

Una vez concluida la recolección de información necesaria para el desarrollo de la presente investigación se logró conocer y entender las diferentes opiniones y experiencias que tienen los productores bananeros de la provincia de El Oro en concordancia al manejo de productividad de sus plantaciones bananeras.

Estas encuestas servirán de gran ayuda para comprender la necesidad que predomina en el proceso agrícola, de un total de 353 productores 343 indicaron que si emplean el método de fumigación para exterminar cualquier tipo de plaga que se presente en sus cultivos entretanto diez encuestados manifestaron que no utilizan ningún tipo de fumigación debido a que sus plantaciones se componen básicamente de banano cultivado orgánicamente, en estos tipos de cultivo se busca minimizar el uso de productos sintéticos. Se puede decir que la fumigación es parte fundamental en la etapa de cosecha convirtiéndose como una necesidad imperiosa.

Entre los factores más importantes que los productores toman en cuenta al momento de seleccionar su proveedor de fumigación se encuentra la calidad del servicio prestado. Otro punto importante a analizar es que los productores prefieren a las empresas que otorgan créditos y facilidades de pago convirtiéndose en el segundo rubro más importante al elegir su agente. El precio y el prestigio del servicio de fumigación son considerados en un tercer y cuarto puesto respectivamente lo que se puede deducir como factores secundarios. Con este análisis se puede establecer un principio que indica que: los productores tienen como prioridad la calidad antes que el precio.

El método más utilizado en el proceso de fumigación agrícola es el sistema de fumigación aérea, la encuesta reflejó que de un total de 343 productores 333 emplean este procedimiento mientras que 10 encuestados aplican pulverizadores manuales u otros métodos.

La etapa de fumigación es realizada periódicamente y dependiendo de factores tales como: plagas, hierbas malas y otros. A través de la encuesta se logró precisar la frecuencia con que los productores aplican la erradicación de plagas. El 55% de los productores llevan a cabo este proceso quincenalmente, el 26% lo aplica una vez por semana, el 16% una vez al mes y el 3% lo aplica en otro lapso indeterminado.



El gasto que genera el proceso de fumigación varía dependiendo del número de hectáreas debido a que la relación cantidad-precio es inversamente proporcional esto significa que en el caso que un productor bananero contrate los servicios de fumigación aérea se aplicará el principio que a mayor número de hectáreas fumigadas el precio por unidad se verá disminuido y para el caso de que el productor cuente con su propia flota de avionetas o helicópteros se aplica el mismo principio basado en la teoría de economía de escala. En la investigación se pudo comprobar que el principio anteriormente especificado es correcto debido a que la mayoría de productores señaló que invertían entre + 21 a 30 dólares (41%), este segmento corresponde a la mayoría de pequeños productores.

Los productores están conscientes de que el 60% del químico aplicado con fumigación mediante avionetas no llega al área de la plantación deseada, lo que significa que existe un desperdicio de recursos que se refleja en pérdidas económicas. Sin embargo existe un alto porcentaje de confianza que a pesar de que el químico no logra llegar con exactitud, si la tarea se repite constantemente, al final del proceso se cumplirá el objetivo. Este sistema se torna impreciso e ineficiente.

El servicio de fumigación de las empresas que brindan este soporte y en el caso de las empresas que poseen su propia flota calificó con los siguientes parámetros el servicio de fumigación; 62% regular, 18% bueno, 11% muy bueno, 6% malo y únicamente el 3% calificó de excelente el servicio prestado; se puede inferir que existe una inconformidad que se puede satisfacer.

Como último punto a analizar se reveló que existe un gran porcentaje (57%) de productores que afirma conocer o tener una idea sobre los drones, y asegura que estarían dispuestos a implementarlos en sus procesos de cosecha tanto en la etapa de fumigación como para ser utilizados en el monitoreo y control de plagas.

Para concluir, este análisis deja entrever que existe una gran necesidad de implementar nuevos y mejorados procesos que permitirán alcanzar un mayor nivel de eficiencia, a su vez esto se reflejará en la optimización de los recursos.

### **3. EL PRODUCTO**

#### **3.1 Historia**

A través de los años el hombre ha emprendido una gran carrera por conquistar el espacio aéreo, esta lucha constante entre países desarrollados ha generado que se invente distintos artefactos que se logren adaptar a las tareas indicadas y cumplan firmemente un objetivo.

A partir de la Primera y Segunda Guerra Mundial se inició con gran determinación el desarrollo de las primeras aeronaves no tripuladas (UAV), el Denny Righter RP750 producido por científicos ingleses y el V1 “Buzz” Bomb creado por los alemanes. (Almendariz Haro & Nogales Romero, 2014)

El ejército de los Estados Unidos de Norteamérica empezó a utilizar los drones durante la guerra de Vietnam con la finalidad de localizar plataformas de lanzamiento de misiles soviéticos, con este acontecer el uso de estos equipos se empezó a popularizar notablemente dentro de la armada estadounidense debido a que ayudarían en los futuros conflictos bélicos y no pondrían vidas humanas en peligro.

Debido a los miles de pilotos que han perecido en misiones militares de alto riesgo, las aeronaves no tripuladas han tomado un rol muy importante en las tácticas militares, no solo por ser controladas a distancia sino también por las ventajas que ofrece esta tecnología y su precisión en los objetivos planteados.

Países desarrollados han invertido un alto presupuesto en la investigación y el desarrollo de drones, los principales países que han invertido en estos equipos son: EEUU, Israel y algunos países de la Unión Europea y actualmente lo está empezando a utilizar Japón (Núñez Escamilla, 2010).

## **3.2. Aplicaciones de los UAV**

En la actualidad los UAV son implementados en diferentes actividades donde el factor humano se vuelve una limitante debido al riesgo que aborda una actividad y por la falta de precisión que solo un robot puede realizar efectivamente. Los UAV de acuerdo a sus funciones y características se dividen en dos categorías: uso militar y civil.

### **3.2.1 Aplicaciones militares**

Una de las características más representativas de un UAV sin duda alguna es la habilidad de poder ser controlados remotamente y no depender que un piloto se encuentre físicamente en la aeronave para ser comandada. Este gran avance tecnológico contribuye a que no exista ningún riesgo para el piloto, debido a que no sufrirá ninguna lesión por lo que no se encontrará físicamente en la aeronave sino que estará comandándolo desde el nivel terrestre, otro riesgo que no sufrirá el piloto es el daño psicológico ocasionado por las altas altitudes o vigilancia repetitiva.

En las aplicaciones militares los UAV son utilizados para ampliar el rango de aplicaciones de los sistemas autónomos tales como: acciones militares, de vigilancia y seguimiento de posiciones enemigas estableciendo enlaces de comunicación entre estaciones terrestres para el intercambio de información.

Las aplicaciones de los UAV militares pueden clasificarse en tres categorías:

- Patrullaje y reconocimiento
- Apoyo al combate
- Combate

### **3.2.2 Aplicaciones civiles**

Los UAV en las aplicaciones civiles juegan un rol de gran consideración, estos han sido adaptados a las actividades cotidianas que se presentan en la sociedad, debido a su gran potencial se les asigna tareas que para el ser humano son complicadas y en ciertas ocasiones son prácticamente imposibles. Gracias a su versatilidad y flexibilidad estos drones se han convertido en artefactos imprescindibles para realizar las tareas asignadas.

Entre las principales tareas en los cuales se asignan drones son:

- Investigación científica
- Inspección de incendios
- Rescates
- Reconocimiento de desastres naturales
- Topografía
- Inspecciones en instalaciones y plantas
- Vigilancia y control medioambiental
- Inspecciones y seguridad mediante control termografico
- Reportajes aéreos
- Monitoreo de eventos políticos
- Fumigación aérea
- Monitoreo de plantaciones agrícolas
- Supervisión marítima
- Vigilancia urbana
- Fotografía artística

### **3.3 Sistema de control de vuelo**

Los sistemas de control de vuelo pueden clasificarse en tres categorías:

**Sistemas para incrementar la estabilidad:** Este sistema permite el pilotaje del vehículo estabilizando el control de bajo nivel, esto evita que el piloto deba actuar al comportamiento dinámico de un sistema.

**Sistemas para incrementar el comportamiento:** Estos sistemas además de estabilizar al vehículo, deben ser capaces de proporcionar una respuesta con ciertas prestaciones a indicaciones del piloto, por lo que deben tener un buen seguimiento.

**Sistema de piloto automático:** Sistema de control totalmente automático, capaces de realizar vuelos o maniobras de forma autónoma. (Almendariz Haro & Nogales Romero, 2014).

### 3.4 Clasificaciones de los UAV

La clasificación de los UAV es de acuerdo a su altitud/rango.

**Tabla 17**

#### **Clasificación de los UAV**

<b>Descripción</b>	<b>Altitud</b>	<b>Rango</b>
<b>Hanheld</b>	600 Mts.	2Km.
<b>Close</b>	1500 Mts.	Superior a 10 Km.
<b>Nato</b>	3000 Mts.	Superior a 50 Km.
<b>Tactical</b>	5500 Mts.	Hasta 160 Km.
<b>Male</b>	9000 Mts.	Hasta 200 Km.
<b>Hale</b>	99 Km.	Indefinido
<b>Hypersonic</b>	Supersónico (Mach 1-5) Hipersónico (Mach 5+) con 15200 Mts.	Superior a los 200 Km.
<b>Orbital</b>	Orbitas bajas terrestres	-
<b>Cis Lunar</b>	Viaja entre la luna y la tierra	-

**Fuente:** Tesis de diseño, construcción, instrumentación y control de un vehículo aéreo no tripulado (UAV) realizada por el Ing. Escamilla Nuñez.

**Elaborado por:** Autores

Los UAV que se han elegido para el estudio de factibilidad en las plantaciones bananeros pueden ser clasificados en la categoría de *Hanheld* debido a que su altitud supera los 600 mts pero no logra superar el rango de control de 10 km.

### **3.5 Descripción del producto**

De acuerdo al análisis previamente realizado, los drones más apropiados para ser implementados en los procesos de monitoreo y control de plagas, y fumigación aérea para las plantaciones bananeras de la provincia de El Oro son los siguientes modelos:

- Sistema UAV Aibot X6
- Yamaha RMAX Type IIG

### **3.6 UAV Aibot X6**

La aeronave no tripulada Aibot X6 es un hexacóptero con diferentes facultades que le permite adaptarse a cualquier tarea que se le asigne, este modelo es capaz de transportar una carga hasta 2000g que hace posible la implementación de una cámara con sensores multiespectrales.

Este equipo aéreo autónomo de avanzada tecnología con sistema multirotor posee características extraordinarias las que pueden ser aprovechadas en técnicas de monitoreo de campos agrícolas, detección y control de plagas, inspección de stress hídrico, entre otras funciones que se les puede dar en el proceso de producción agraria.

**Gráfico No. 17**  
**Modelo Aibot X6**



**Fuente:** Aibotix Intelligent Autonomous Vehicles

En el gráfico no.17 se observa el UAV Aibot X6 con su estructura de fibra de carbono que protege a los seis rotores de cualquier lesión ocasionada en sus labores diarias, además se puede visualizar la cámara multispectral que es sujeta por un soporte especial.

### **Control Preciso**

El Aibot X6 posee seis rotores que son impulsados por motores sin escobillas lo que genera que se consiga un gran rendimiento y una gran potencia pero a su vez tiene un mayor consumo de energía, una de las grandes ventajas de estos motores sin escobillas es que no requieren un mantenimiento continuo.



Una de las características que goza esta aeronave no tripulada es su velocidad de ascenso la cual es ejecutada en 8 mts/segundo y una velocidad de 40km/hora, esto confiere al piloto efectuar tareas con mayor rapidez y precisión.

## **Diseño**

El innovador diseño que posee el UAV Aibot X6 otorga una mayor estabilidad en el aire y un vuelo más cómodo para el piloto, gracias a su estructura de fibra de carbono ultraligera sus seis rotores son protegidos de cualquier colisión que se pueda ocasionar en el transcurso de su operación.

Este armazón que además cubre las hélices resguarda a que no se estropeen cuando el UAV se encuentre volando cerca de objetos y a su vez los espectadores también se encontraran protegidos de las hélices.

## **Sistema de control**

El sistema de control que ofrece el UAV Aibot X6 es accionado mediante control remoto o una tablet, desde este dispositivo el operador que se encuentra situado a nivel terrestre controla remotamente cada una de las funciones y maniobras.

El control remoto del dron Aibot X6 tiene un alcance hasta 5 Km, esto permite llegar a áreas donde el acceso terrestre se dificulta, otras de la ventajas que ofrece este dispositivo es la posibilidad de utilizar el control remoto y el control de la cámara por separado, es decir que una persona podrá controlar los movimientos del UAV mientras que la otra se preocupará únicamente por captar imágenes.

Se ha implementado el sistema de posición de espera para que el dron logre mantenerse en un lugar elegido por el operador, este mecanismo es

posible debido a que el dron utiliza el sistema de posición global (GPS) que identifica el área mediante coordenadas, esto facilita a que el operador pueda captar imágenes desde una posición en diferentes ángulos.

Otras de las operaciones que se puede realizar desde el mando a distancia es la función de retornar al punto predeterminado por el operador, esta aplicación nos proporciona una ayuda en los momentos que el dron se encuentre fuera del rango de control, y permite que el dispositivo retorne al punto de partida o simplemente lo haga a un punto previamente definido por el operador.

Sin duda alguna la particularidad más representativa de este modelo es la función de programar la ruta que se desea estudiar, esta actividad es llevada a cabo mediante un procedimiento en el cual las coordenadas son introducidas en el software de un mapa y que en el momento que el dron despegue esta función se activará con la ruta pre programada, el software tomará el control de forma automática y guiará a la aeronave a lo largo de la ruta del vuelo.

El software Aibotix Aiproflight 2.0, el cual es empleado para definir la ruta en la que se requiere que el dron sobrevuele, este software controlará al dron en su ruta de vuelo para que el usuario pueda enfocarse en otras operaciones tales como: toma de fotografías aéreas para topografía, construcción, imágenes termográficas para mantenimiento de plantas solares.

### **Especificaciones técnicas**

Las especificaciones técnicas de este modelo de dron se obtuvieron de mano del fabricante Aibotix Intelligent Autonomous Vehicles, las cuales se procederá a detallar en la presente investigación para informar de las ventajas que tiene el Aibotix X6 sobre otros drones utilizados en la agricultura.

**Longitud/anchura:** El drone Aibotix X6 ha sido creado con las dimensiones perfectas para que logre su acometido. Posee un ancho de 1.05 m (3.4 pies), estas dimensiones lo convierten en un drone profesional muy práctico de transportar.

**Altura:** Su altura es de 0.45 m (1.5 pies), el tren de aterrizaje mide aproximadamente 0.23 m, esto permite que se pueda instalar fácilmente una cámara multiespectral sin riesgo de que se estropee al momento del aterrizaje.

**Estructura/armazón:** La estructura del Aibotix X6 fue construida con fibra de carbono lo que lo convierte en un equipo ultraligero y al mismo tiempo muy resistente y duradero. Esta armadura protege cualquier lesión que pueda sufrir durante su operación de vuelo e incluso en su manipulación terrestre.

**Peso:** La gran característica que tiene este modelo de UAV es su peso inigualable que asciende a 3,400g, esta particularidad convierte a este drone en un equipo que proporciona un fácil manejo en el proceso de transportación hasta la plantación bananera.

**Peso máximo (incluido peso máximo carga y una batería):** El peso máximo del drone que puede resistir incluido el peso máximo de carga y una batería eléctrica es de 4,600g hasta 6.600g, si se lo equipa con un peso mayor este no ascenderá.

**Carga máxima:** El drone es capaz de soportar un peso máximo de 2000g, lo que permite adaptarle diferentes mecanismo que servirán de gran ayuda en la operación de monitoreo tales como: sensores multiespectrales u otro tipo de sensores.

**Velocidad máxima:** La velocidad máxima que logra alcanzar este modelo es de 40 km/hora (25 millas/hora), únicamente podrá obtener esta velocidad dependiendo del modo de operación, el clima y la carga transportada. Esta velocidad determina que el dron pueda recorrer en un tiempo máximo de 7 minutos alrededor de 2 hectáreas.

**Velocidad ascendente:** La velocidad ascendente es la agilidad con la que el dron logra elevarse desde el nivel terrestre hasta el aire, el UAV analizado alcanza una velocidad de elevación de aproximadamente 8 mt/segundos (18 mph)

**Altitud o altura de vuelo:** Una de las propiedades esenciales que posee, es la capacidad de elevarse hasta 1000 m ( 3,820 pies) sobre el nivel del suelo en condiciones ideales y hasta 3000 m ( 9,842 pies) sobre el nivel del mar.

**Tiempo de vuelo:** La duración de una batería del dron permite realizar una operación de vuelo de 30 minutos pero es posible adaptarle otra batería para alargar la autonomía de vuelo, con lo cual lograría permanecer 60 minutos en el aire.

**Temperatura:** Para que se pueda efectuar la operación del dron es necesario que se trabaje en condiciones climáticas que no alteren el rendimiento de los componentes del dron, la temperatura óptima para un buen funcionamiento es -20°C A 40°C-

**Sensores:** El dron posee diferentes sensores incorporados que proporcionan comodidad al operador tales como: receptor GPS, fusión de sensores inteligentes (giroscopio, acelerómetro, magnetómetro, sensores ultrasónicos).

**Control:** Las formas de comandar el Aibotix X6 pueden ser mediante el control remoto que viene incluido en los accesorios o simplemente operarlo desde una tablet PC, el alcance que se tiene desde el nivel terrestre es de 5 km.

**Batería:** Los componentes que ha sido fabricada la batería es el litio polimérico 5,000-10,000 Ma., este material es de gran durabilidad y ofrece una gran resistencia a cualquier eventualidad sea este de factor climático o alguna colisión.

### **3.6.1 Conclusiones del producto**

Después de analizar cada uno de los elementos y funciones que brinda el modelo Aibotix X6 se puede concluir que este ofrece un mayor rendimiento en la producción agrícola que a su vez se ve reflejado en una significativa reducción de costos. Los factores que se puede mejorar implementando el dron en la plantación son:

- Monitoreo de plagas en época de crecimiento del banano.
- Control del stress hídrico, permite mantener un control focalizado en las zonas que realmente necesita.
- Aplicación de la teoría de la agricultura de precisión que indica que su uso ayudará a reducir costes, mejorar la rentabilidad de los cultivos y disminuir el impacto ambiental.
- Detección de stress nutricional.

### **3.7 Rmax Yamaha Type IIG**

#### **Historia**

En el año 1983, el Ministerio de Agricultura, Silvicultura y Pesca del Gobierno del Japón solicitó a Yamaha Motor Company Limited, la creación de un helicóptero no tripulado que asista en el proceso de fumigación de la industria del cultivo de arroz, con esta propuesta se pretendía disminuir el costo de mano de obra excesiva y aumentar la productividad de sus campos.

Yamaha Motor Company Limited emprendió la gran tarea de investigación y desarrollo para conseguir el objetivo que el gobierno japonés les encomendó, dando como resultado la creación del helicóptero no tripulado “R-50” en el año 1987.

El R-50 fue la primera aeronave no tripulada en el mundo para tareas de fumigación agrícola con una carga útil de 20 kg., convirtiéndolo en un equipo muy práctico y efectivo para cada una de las tareas programadas.

El gran rendimiento de esta aeronave no tripulada dio lugar a que las escuelas agrícolas de Japón lo implementaran en sus procesos en el año 1988, y en 1991 el Ministerio de Agricultura, Silvicultura y Pesca del Gobierno del Japón aprobó directrices para la capacitación de operadores para el uso del modelo Yamaha R-50 para la fumigación de los campos de arroz.

Con esta regulación del Gobierno Japonés, Yamaha inicio la comercialización del helicóptero no tripulado R-50 en el mercado, el dispositivo tuvo gran aceptación y demostró ser eficiente en las aplicaciones de químicos para la fumigación agrícola.

El modelo R-50 era impulsado por un motor de dos tiempos, 98cc, 12CV refrigerado por líquido; la gran capacidad para llegar a lugares de difícil acceso

o sitios de grandes desniveles era una de las grandes ventajas que ofrecía y que le permitía llegar con extrema precisión al área que se quería fumigar.

El problema de las restricciones que mantenía las avionetas de fumigación agrícola tales como: diversidad en el trabajo y el impedimento de realizar fumigaciones en áreas aledañas a sectores residenciales crearon oportunidades para que el uso del helicóptero no tripulado se extienda. El envejecimiento de la población agrícola y la carencia de personal joven que se involucre en los procesos de producción agrícola era otra de los estimulantes para la implementación en los cultivos de arroz.

El sistema YACS por sus siglas en inglés Yamaha Attitude Control System, desarrollado en 1995, hizo posible que el control de manejo de los helicópteros Yamaha sea más fácil de utilizar y más cómodo debido a que lograba mayor estabilidad en el vuelo y la ventaja de que si el piloto dejaba de controlar la aeronave, este se mantendría en sobrevuelo. Este sistema reducía el costo de operación debido a que no era necesario de personal altamente capacitado para operar el dispositivo.

En el año 1998, la compañía Yamaha Motor Company Limited luego de siete años de exhaustivas investigaciones logró instaurar el modelo R-MAX perfeccionando diferentes mecanismos en lo que concierne a funcionalidad y operatividad tales como: refrigeración por líquido en dos tiempos, 246cc, dos cilindros horizontales opuestos, carter de caña con motor de válvula de admisión y refrigeración líquida de potencia de 21CV.

Con toda la experiencia que Yamaha adquirió en el desarrollo de sus antiguos modelos de helicópteros, en el año 2003 la empresa lanzó el modelo R-MAX TYPE IIG. El UAV también disponía del sistema YACS y GPS, el GPS servía de gran ayuda para precisar lugares en donde se requería captar imágenes que luego serían analizadas para el monitoreo de plagas, además que este sistema favorecía el estudio del crecimiento de las plantaciones debido que se podía memorizar las coordenadas del área que se quería observar.

En efecto este UAV se convirtió rápidamente en parte fundamental de los procesos de producción agrícola, no solo por su tecnificación y la asistencia que presta en las operaciones sino por la virtud que implica el no tener un piloto físicamente en la aeronave lo cual implica no tener riesgo alguno de accidentes que en algunos casos suelen ser mortales.

El Yamaha Rmax Type IIG es el helicóptero fabricado explícitamente para labores de producción agrícola, este dispositivo concede a los agricultores la posibilidad de realizar tareas que en tiempos pasados eran muy difíciles de ejecutar y en algunos casos imposibles por condiciones de naturaleza humana, estas limitantes fueron factores que estimularon el uso de nuevos mecanismo que sean más precisos y efectivos en las tareas de fumigación.

Las características y su amplia gama de aplicaciones industriales y de investigación fueron analizadas previamente para conocer en qué etapa de la cosecha se lo puede implementar, de esta forma garantizar un alto rendimiento junto con una absoluta productividad.

### **3.7.1 Aplicación**

El modelo de helicóptero Rmax Yamaha Type IIG posee características únicas que lo convierten en un vehículo adaptable a diferentes situaciones que se pueden encontrar en la vida cotidiana siendo de gran utilidad para resolver problemas que antes eran complejos.

Debido a que este artefacto posee un bajo consumo de energía y a su vez es una tecnología de bajo costo en comparación a las avionetas y los helicópteros, este puede ser implementado en las actividades descritas a continuación:



## **Civiles**

- Fumigación agrícola
- Monitoreo y control de plagas
- Inspecciones del crecimiento del cultivo
- Monitoreo y reconocimiento en operaciones de vigilancia
- Estudios de topografía y mapeo
- Monitoreo de aspectos climáticos
- Eventos de entretenimiento
- Inspecciones en lugares de difícil acceso
- Estudio y monitoreo de especies vulnerables
- Fotografías aéreas
- Encuestas volumétricas
- Cartografía digital
- Censos aéreos
- Estudio Geofísico

## **Gubernamentales**

- Gestión del espacio aéreo
- Detección de drogas
- Mapeo de turbidez
- Inspecciones aéreas
- Encuestas de incendios forestales
- Inspecciones de cultivos de drogas
- Vigilancia de líneas de alimentación
- Controles migratorios

El gran número de aplicaciones en las cuales puede ser implementado un dron de esta capacidad hace que se convierta en un sistema de apoyo difícil

de reemplazar debido a que logra cumplir sus objetivos de manera más eficiente.

### **3.7.2 Diseño**

El modelo Rmax Type IIG del fabricante Yamaha incorpora un diseño de avanzada tecnología, con cualidades exclusivas e innovadoras que lo catapultan como uno de los mejores exponentes de la historia y como el impulsador principal en la apertura del mercado de drones. Su diseño se compone de los siguientes modelos:

#### **Sistema de optimización**

El sistema incorpora mecanismos de advertencia para alertar al piloto si en el momento de la pulverización la velocidad del vuelo excede los 20 km/hora, lo que ayuda a que exista una dispersión del químico con mayor exactitud, a su vez significará que la sustancia llegue a la zona específica donde se requiere fumigar.

También cuenta con el sistema YACS que permite controlar factores como la altura, dirección y la velocidad necesaria para cumplir con la tarea abordada. Esta estructura lo convierte en una aeronave de fácil y cómodo manejo.

#### **Sistema de seguridad**

El sistema de seguridad de la aeronave al momento de encender el motor comenzará a parpadear el indicador del sistema YACS, si el mando del acelerador es manipulado excesivamente el motor se detendrá de lo contrario luego de quince segundos este comenzará a funcionar.

## **Equipos de alto rendimiento**

Los equipos integrados en el dron para optimizar tareas se basan en los sistemas de GPS y YACS, con la fusión de estos equipos se logra controlar los timones de la aeronave y a su vez se puede detectar la velocidad del helicóptero en la parte de atrás y adelante y la dirección de izquierda y derecha. Estos equipos logran una mayor estabilidad de vuelo.

## **Componentes principales del diseño**

Palanca de descompresión: Es utilizada cuando el motor esta ahogado lo que ayuda con el arranque del motor o cuando es necesario descender la acción del sistema de frenos.

Interruptor de arranque automático: El motor de arranque es accionado con solo pulsar el interruptor automático. La batería puede ser cargada mediante el generador que se encuentra incorporado en el UAV.

Interruptor de limpieza: Los líquidos y residuos dejados en el pulverizador del UAV después de una operación son limpiados automáticamente con solo pulsar el interruptor de limpieza.

Las llantas de movilización situadas en el tren de aterrizaje facilitan la transportación del helicóptero hacia el lugar de operación o el destino que se le haya asignado. Con estas ruedas la aeronave puede ser movilizad por dos personas.

Gracias a la incorporación de un manilete en el tren de aterrizaje el dron puede ser manipulado con gran comodidad y debido a su bajo peso que corresponde a 100 kg este puede ser sencillamente cargado por dos personas.

La capacidad del rotor principal permite detener el helicóptero aproximadamente dentro de veinte segundos con el rotor de frenado que es accionado luego que se haya detenido el motor. La ventaja de este sistema de

rápida detención es que aumenta la seguridad de las personas que se encuentran en el área.

### 3.7.3 Especificaciones técnicas

#### Rendimiento

El Yamaha Rmax Type IIG posee propiedades de avanzada tecnología, una de las cualidades que lo diferencian de otros competidores es la capacidad de soportar una carga útil de 28 Kg y un rango visual de 400m. Su sistema de Control YACS posibilita una mejor experiencia de vuelo para el operador y sobretodo la comodidad de efectuar distintas maniobras en el aire que permite llegar a zonas difíciles de penetrar vía terrestre.

#### Dimensiones

Gráfico 18

Dimensiones del helicóptero Yamaha Rmax Type IIG



Fuente: Brochure Yamaha Rmax Type IIG

En el gráfico no 18 se puede visualizar las dimensiones del helicóptero Yamaha, el diámetro del rotor principal tiene una medida 3,130 mm mientras que el rotor trasero alcanza una longitud de 535mm. La longitud total del helicóptero es de 2,750mm y con el rotor principal alcanzar una largo de 3,630mm. El ancho del helicóptero tiene una extensión de 720mm y su altura hasta la hélice mide 1,080mm.

El diseño del UAV fue fabricado pensando en las medidas exactas para que pueda recorrer libremente en cada una de las zonas de los cultivos, gracias a sus medidas el helicóptero puede centrarse en un punto determinado por el operador, es decir focalizar la aeronave no tripulada en la posición en donde se necesita intervenir.

### **Motor**

El compromiso de innovación continua que mantiene la Compañía Yamaha Motor *Company Limited* ha llevado a desarrollar un potente motor de dos tiempos con dos cilindros horizontalmente opuestos, el desplazamiento del cilindro es de 246cc y un consumo máximo de 15.4 Kw, el sistema de arranque funciona con energía eléctrica y el combustible que utiliza para su funcionamiento es gasolina regular sin plomo mezclado con aceite de motor de dos tiempos (50:1).

### **Pulverizador de líquido**

Los pulverizadores son equipos que aseguran una dispersión más precisa del químico, que de otra forma podrían ser captadas por el rotor principal y/o el rotor en la parte trasera lo cual podría a echar a perder el químico. El ancho de la dispersión estándar es de 7.5m con boquillas de izquierda y derecha mientras que el ancho de dispersión puede ser adaptada de acuerdo a la aplicación.

A través de los años la ciencia ha desarrollado distintos tipos de pulverizadores para fumigación agrícola, cada uno más eficiente que el anterior con el objetivo principal de perfeccionar el proceso de aplicación en la descarga del químico hacia los cultivos logrando una mayor precisión.

La precisión del pulverizador permite llegar al 100% del objetivo y puede dispersar el contenido en una plantación de dos hectáreas aproximadamente en seis minutos, debido a su diseño logra llegar con gran facilidad a las aéreas más inaccesibles.

Los pulverizadores de líquidos con capacidad de 8 litros se colocan en cada lado del helicóptero, estos son especialmente diseñados para llevar distintos químicos los cuales serán rociados en las plantaciones, el tamaño del UAV hace que el proceso de pulverizado sea más efectivo.

El método que se implementará para dispersar el químico contiene un pistón con boquilla plana de doble efecto, lo cual produce una perfecta regulación de las medidas del químico que será dispersado en la superficie, dando como resultado un chorro de pulverización plano y homogéneo en forma de abanico. La tasa de descarga es de 1.3 a 2.0 litros por minuto con un paso de boquilla de 1340mm. Este pulverizador puede ser montado, desmontado y reemplazado con gran facilidad debido al bajo peso el cual es de 7.4 kg, lo que permite la adaptación fácilmente al UAV.

El pulverizador granular se pueden adaptar al helicóptero no tripulado, estos tanques cumplen con la función de dispersar el insecticida granulado. La ventaja de los pulverizadores granulados es que reduce la fitotoxicidad química (tóxicos que afectan a los vegetales). La capacidad de la tolva es de 13 litros por cada tanque, la descarga se realiza mediante un impulsor con un diámetro de 300mm con una velocidad de descarga de 2.5 kg/minuto, la velocidad de rotación del impulsor es de 800 rpm. Este equipo de pulverizador tiene un peso de 7 kg.

## **Control remoto**

La característica principal que se ha instalado en el control remoto es la posibilidad de utilizar el controlador de seis frecuencias que permite volar hasta seis helicópteros al mismo tiempo sin causar ninguna interferencia de señal, esto significa que en las operaciones de pulverizados se podría implementar diferentes helicópteros que reducirían el tiempo de fumigación. El alcance máximo de radiocontrol es de 5 km lo que da al operador gran comodidad para no tener que desplazarse por toda la plantación.

## **Altitud/altura de vuelo**

La máxima altura de vuelo que puede alcanzar el UAV Rmax Type IIG es 5,000m, este es una particularidad que hace a este modelo sea único en su clase y permite tener una mejor perspectiva desde el aire lo que ayudará al piloto a guiarse.

## **Velocidad máxima**

La velocidad máxima en la que se puede transportar este dispositivo es de 60 km/hora lo que le permite fumigar extensas áreas en un tiempo reducido permitiendo optimizar el consumo del combustible y no sobrecargar de trabajo al piloto de operación

## **Tiempo de vuelo**

Debido a los 11 litros que pueda almacenar los tanques de combustibles el Rmax Type IIG tiene la capacidad de mantenerse en el aire aproximadamente 1.5 horas, este factor es de gran relevancia porque permite conocer cuántas veces se tendrá que aterrizar el helicóptero para aprovisionarse.

### **3.7.4 Conclusiones del producto**

El Rmax Type IIG es un helicóptero no tripulado fabricado especialmente para ser implementado en los procesos de producción agrícola de cualquier plantación. Debido a su gran eficiencia, países como Japón, Brasil, Australia y Nueva Zelanda fomentan el uso de esta aeronave en sus cultivos.

El impacto ambiental es uno de los temas que actualmente preocupan a muchas poblaciones aledañas a los cultivos, el Rmax tiene la ventaja de poder fumigar con mayor exactitud en comparación a una avioneta debido a su tamaño y porque el piloto tiene la posibilidad de mantenerlo sobrevolando un área específica sin afectar el entorno.

Los costos generados por la fumigación aérea tradicional (servicio de fumigación aérea y plaguicida) suelen ser muy elevados debido a que existe un déficit en los procesos de producción. Según los creadores del Rmax este innovador artefacto promete optimizar los recursos empleados en la fumigación y a su vez mejorar los procesos del cultivo.



## **4. ANÁLISIS DE COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN**

En este capítulo se detallarán cada uno de los costos de los insumos necesarios para poner en marcha el uso de drones en los campos bananeros tomando en cuenta que se implementarán dos modelos de aeronaves no tripuladas los cuales realizaran distintas labores.

### **4.1 Costos del drone Aibotix X6 en destino**

El drone Aibotix X6 se puede adquirir en el mercado alemán, de donde es originario; para el siguiente caso se considerará el costo estimado del drone en valores *FOB (Free on board)*, *Incoterm* que hace referencia que el riesgo que asume el proveedor llega hasta el punto en donde la mercadería se encuentra en la borda del barco. Para este cálculo se tomará en cuenta diferentes valores que van desde la compra del artefacto al proveedor en origen pasando por los gastos aduaneros hasta la llegada del equipo a las bodegas de la empresa que realizó su compra.

Dichos costos serán vitales para comprender la relación costo/beneficio que significa la implementación de un drone de tales características como las que tiene el Aibotix X6, haciendo una comparación del coste que significa adaptarlos a los procesos de producción agrícola en las plantaciones bananeras vs la productividad que se puede alcanzar al reducir ciertos factores no deseados en la cosecha.

La optimización de los recursos se posibilitará debido a que el drone tiene funcionalidades de prevención como lo son la toma de imágenes para monitorear y controlar el acceso de plagas; esto afirma el principio que indica que es más económico prevenir que una vez hecho el daño tratar de reprimir.

**Tabla 18**

**Costos de importación del drone Aibotix X6**

<b>Descripción</b>	<b>Costos</b>
Drone Aibotix X6 (FOB HAMBURGO)	\$ 32.000,00
Envío (Flete internacional)	\$ 650,00
Seguro internacional 1%	\$ 326,50
<b>Total</b>	<b>\$ 32.976,50</b>
Ad valorem (8802.20.10.00) 5%	\$ 1.648,83
Fodinfra (0.5%)	\$ 164,88
Total base imponible	\$ 34.790,21
Iva (12%)	\$ 4.174,82
<b>Total liquidación de impuestos</b>	<b>\$ 5.988,53</b>
Agente de aduana	\$ 600,00
Otros (almacenaje, transporte interno, etc.)	\$ 200,00
<b>Total gastos en destino</b>	<b>\$ 800,00</b>
<b>Gran Total (drone en bodega Guayaquil)</b>	<b>\$ 39.765,03</b>

**Fuente:** Respectivas empresas.

**Elaborado por:** Autores

En la tabla anterior se puede apreciar los costos que acarrearán la importación del drone Aibotix X6, se ha determinado la sub-partida arancelaria 8802.20.10.00 que mantiene una tasa del 5%. Según Arshad, el precio del drone Aibotix X6 es de aproximadamente \$30000 (2014), en este caso se aplicó el valor FOB de \$32000 considerando el incremento natural de los precios. La finalidad de presentar estos valores estimados es dar a conocer el bajo precio que tienen estos artefactos si se lo relaciona con los beneficios que ofrecen, lo que se deriva en una reducción de costos en determinados rubros de la producción bananera.

El costo de producción de banano según el informe del INEC asciende a \$1234.83 por hectárea, si se aplicará el nuevo sistema se podría disminuir el costo de los plaguicidas aproximadamente en un 70% debido a que se logrará focalizar los recursos en la zona específica que se encuentre en conflicto.

Los costos son aquellos rubros que son indispensable para llevar a cabo la actividad, en esta tesis la actividad que se desea llevar a cabo es el análisis de factibilidad de la aplicación de drones para tareas de monitoreo y control de plagas, y fumigación aérea; a continuación se detallará los costos necesarios para la aplicación del drone Aibotix X6 en una hectárea.

#### 4.1.2 Costo de implementación del Servicio del drone Aibotix X6 por día

**Tabla 19**

**Costo de implementar el servicio del drone Aibotix X6 por día**

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costos
<b>Costos Directos</b>				
Mantenimiento	Unidad	1	\$ 3,33	\$ 3,33
Depreciación	Unidad	1	\$ 10,99	\$ 10,99
Seguros	Unidad	1	\$ 3,29	\$ 3,29
Energía eléctrica	Kw	2,31	\$ 2,13	\$ 4,92
<b>Total</b>				<b>\$ 22,53</b>

**Elaborado por:** Autores

En la tabla 19 se observa los elementos que determinan el costo de sobrevolar diariamente con el drone. Para que el drone Aibotix X6 pueda cumplir con su función de manera eficiente debe realizarse un mantenimiento mínimo cada tres meses lo que tiene un costo aproximado según el mercado de \$300, es decir \$3,33 se pagará diario; otro de los factores que implica el costo directo del

drone diariamente es la depreciación que se obtiene al utilizar con frecuencia, al ligarse como un equipo o maquinaria se procedió a aplicar el método de depreciación el cual establece 10% anual; el costo aproximado de obtener un seguro para este tipo de máquinas es de \$1200 anualmente y la energía eléctrica que consume diariamente las baterías de lito polimérico es de un costo aproximado de \$2,31 en Ecuador. Los costos de cada rubro se realizaron en base a costos reales del mercado y se encuentran representados en relación de lo que se gastaría al aplicar las tareas del drone en un día.

El costo que produce al aplicar las distintas funciones del drone Aibotix X6 por un día es de \$22,53. Si se determina la relación entre lo que se gasta en prevención y lo que se gasta actualmente en fumigación aérea se puede deducir lo siguiente:

- Si se invierte \$22,53 en prevención (toma de imágenes multiespectrales para detectar tempranamente posibles conflictos en las plantaciones, control de stress hídrico, control de stress nutricional) se podrá reducir en gran porcentaje el costo que representa el consumo de plaguicidas, fertilizantes, agua, costos de fumigación aérea entre otros recursos que se emplean.
- La inversión representará una disminución de los costos directos de la caja del banano, por lo tanto se puede decir que si se tiene un menor costo mayor será la utilidad al momento de la comercialización.

#### **4.2. Costo del drone Rmax Type IIG en destino**

El drone Rmax Type IIG fabricado por la empresa Yamaha Motor Company Limited se puede adquirir en el mercado japonés, para el siguiente caso se considerará el costo estimado del drone en valor *FOB*, que es de \$86,000 según el portal web especializado en drones (Hanlon, 2004), en este caso se determinó el valor de \$92,000 debido a la fluctuación de precios que pueda existir. Para este cálculo se tomará todos los valores que van desde la compra del artefacto al

proveedor en origen pasando por los gastos aduaneros hasta la llegada del equipo a las bodegas de la empresa que requiere implementarlos en sus procesos.

Dichos costos ayudaran a determinar si el costo en que se puede obtener un drone de esta magnitud tiene concordancia con la productividad que representa en el proceso de fumigación agrícola. Se realizará una comparación del coste que significa adaptarlos a los procesos de producción agrícola en las plantaciones bananeras vs el costo que implica la utilización de una avioneta.

La optimización de los recursos se posibilitará debido a que el drone tiene funcionalidades de prevención como lo son la toma de imágenes para monitorear y controlar el acceso de plagas; esto afirma el principio que indica que es más económico prevenir que una vez hecho el daño tratar de reparar.

**Tabla 20**

**Costo de importación del drone Rmax Type IIG**

<b>Descripción</b>	<b>Costos</b>
Drone Rmax Type IIG (FOB YOKOHAMA)	\$ 92.000,00
Envío (Flete internacional)	\$ 800,00
Seguro internacional 1%	\$ 92,80
<b>Total</b>	<b>\$ 92.892,80</b>
Ad valorem (8802.11.00.00) 5%	\$ 4.644,64
Fodinfra (0.5%)	\$ 464,46
Total base imponible	\$ 98.001,90
Iva (12%)	\$ 11.760,23
<b>Total liquidación de impuestos</b>	<b>\$ 16.869,33</b>
Agente de aduana	\$ 600,00
Otros (almacenaje, transporte interno, etc.)	\$ 200,00
<b>Total gastos en destino</b>	<b>\$ 800,00</b>
<b>Gran Total (drone en bodega Guayaquil)</b>	<b>\$ 110.562,13</b>

**Fuente:** Respectivas empresas

**Elaborador por:** Autores

En la tabla anterior se observa los costos que se generan como resultado de la importación del dron Rmax Type IIG, el dron se puede adquirir a un precio FOB de \$92000, si relacionamos este precio con la adquisición de una avioneta para tareas de fumigación agrícola se puede fácilmente comprobar que existe una gran diferencia entre los costos de ambos.

**Tabla 21**

**Comparación de costos de operación entre una avioneta agrícola y un dron**

<b>Comparación de costos de operación</b>		
<b>Avión agrícola típico Vs. Aeronave no tripulada Rmax Type IIG</b>		
<b>Rubros</b>	<b>Avión convencional</b>	<b>Avión no tripulado</b>
Motor	Varios	2 Strokes
Potencia del motor (hp)	600	12
Consumo de combustible (gal/hr)	35	3,24
Costo de adquisición (USD)	\$ 300.000,00	\$ 99.008,15
Costo de combustible (USD/hr)	\$ 136,50	\$ 7,13
Hangar (USD/mes)	\$ 316,67	\$ 70,00
Seguro (USD/mes)	\$ 1.279,83	\$ 280,00
Honorarios pilotos (USD/mes)+	\$ 1.300,00	\$ 650,00

**Fuente:** Autores

**Elaborado por:** Autores

**Gráfico 19**

**Comparación de costo de adquisición de un avión convencional agrícola y un avión no tripulado**



**Fuente:** Autores

**Elaborador por:** Autores

En la tabla 21 se detallan costos estimados de operación de una avioneta agrícola tradicional en relación al dron Rmax Type IIG, claramente se puede precisar cuáles son las ventajas y desventajas que ofrece cada uno en características y en costos.

Sin duda alguna el motor típico de una avioneta es más potente que el dron, lo que hace ideal para su aplicación a gran escala mientras que el dron Rmax Type IIG posee un motor comandado por 12 HP, aunque existe la posibilidad de implementar hasta 6 drones para ampliar su aplicación en extensas áreas.

Otro punto importante a analizar es el costo que genera la contratación de un piloto, en la avioneta se necesita personal con licencia emitida por el ente regulador mientras que en el dron solo se necesita personal altamente

capacitado, por esta razón y debido a que la actividad conlleva a un menor riesgo de fatalidad, el honorario del piloto del dron es considerablemente menor.

#### 4.2.1 Costos de implementación del dron Rmax Type IIG en una hectarea

**Tabla 22**

**Costos de fumigación con drones por hectárea**

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costos
<b>Costos Directos</b>				
Gasolina 92 octanaje (premium)	Litro	0,01	\$ 1,84	\$ 0,02
Aceite 50:1	Litro	0,01	\$ 1,84	\$ 0,02
Mantenimiento	Unidad	1	\$ 0,05	\$ 0,05
Depreciacion	Unidad	1	\$ 0,26	\$ 0,26
Seguros	Unidad	1	\$ 0,07	\$ 0,07
Energía electrica (sin subsidio)	Kw./h	3	\$ 1,60	\$ 4,80
<b>Total</b>				<b>\$ 5,22</b>

**Elaborado por:** Autores

En la tabla 22 se observa los elementos que poseen carácter obligatorio para ejecutar la tarea de fumigación (sin tomar en cuenta el plaguicida). Estos costos son estimados tomando en cuenta valores reales y la inflación del país que fue 2.7 en el año 2013. (Cepal, 2014)

Según Nicholas Armstrong, Director General de la empresa Agripac C.A. el precio que cobraban las empresas de fumigación para el año 2012 fluctuaba entre \$10 a \$12 (2012). Este precio sufrió un incremento de \$1,50 para el año 2013, estableciendo entre \$11,50 y \$13,50; por lo que se puede deducir que el costo operativo de llevar a cabo la fumigación oscila entre \$6,90 y \$8,10 esto si se cuenta un margen de ganancia del 40%.



## CONCLUSIONES:

- En la presente investigación se logró determinar los factores que hacen del drone un vehículo más eficiente y práctico para ser aplicado en diferentes tareas de la producción agrícola tales como: Control y detección de plagas, monitoreo de stress hídrico, detección de stress nutricional y sobretodo la labor más importante que es la fumigación aérea focalizada.
- Se pudo conocer cuáles son las principales necesidades que afronta el productor bananero en cuanto a productividad, siendo la más importante el ineficiente servicio de fumigación que actualmente es utilizado en sus campos. Además se detectó que el productor desea implementar nuevas tecnologías que puedan mejorar el rendimiento de sus cosechas y que tiene una actitud positiva ante la idea de implementar el servicio de los drones.
- Basado en el análisis de costos se pudo comparar los valores necesarios para implementar un drone y una avioneta en las tareas de fumigación, dando como resultado que aunque el drone puede focalizarse en pequeñas hectáreas es muy competitivo ante los servicios que te brinda una avioneta, el costo de fumigar una hectárea con un drone sin tomar en cuenta el plaguicida rociado asciende a \$5,22 mientras que el costo estimado de una avioneta varía entre \$6,90 y \$8,10.
- Se comprobó que las tareas que ofrece un drone para controlar y monitorear las plantaciones de posibles amenazas lo convierten en un equipo muy eficiente como objeto de prevención, a pesar de que el precio del drone Aibotix X6 es elevado a corto plazo su utilidad se verá reflejada en una considerable disminución de las plagas que afectan la

plantación, y a largo plazo en el aspecto económico este logrará justificar su inversión.

- En el informe realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) “Análisis del sistema agroalimentario del banano en el Ecuador” se detalla que el control fitosanitario (control y erradicación de plagas) es el rubro que incide con mayor representación en el costo de producción de la musácea. Este factor representa un total del 22% del costo (2012). Aplicando este sistema se busca la reducción de los costos operativos que afectan directamente en el costo final por hectárea.

## **RECOMENDACIONES:**

- Se recomienda que las autoridades competentes regulen la actividad y establezcan normas que permitan llevar a cabo la actividad dentro de un marco legal debido a que actualmente su uso no está considerado dentro de las leyes ecuatorianas.
- Implementar una escuela de pilotos y técnicos de aeronaves no tripuladas, con el objetivo de contar con personal altamente capacitado en esta tarea que logre satisfacer la posible demanda.
- Es recomendable que el Estado fomente la aplicación de este tipo de máquinas en los procesos agrícolas en las plantaciones bananeras debido a que su uso concede al agricultor una mayor productividad que se refleje en costos más bajos.
- Crear subsidios a la gasolina y los aceites que son usados en los motores de las aeronaves no tripuladas que se dedican a tareas agrícolas especialmente en los procesos de producción bananera con la finalidad de poder abaratar los costos y obtener un producto final más rentable.
- Se aconseja a los entes crediticios tanto públicos como privados de las actividades agrícolas otorgar facilidades para préstamos a quienes quieran poner en funcionamiento este sistema innovador.

## BIBLIOGRAFÍA:

- Aching Guzmán, C. (2004). *Guía rápida ratios financieros y matemáticas de la mercadotecnia*.
- Almendariz Haro, J. F., & Nogales Romero, L. P. (2014). *Control del movimiento de un quadrotor mediante un sensor de profundidad kinect*.
- Alonso, M. (1997). *La Agricultura Indígena en la Montaña de Guerrero*. México, D.F.: Plaza y Valdes.
- Amstrong, N. (2012). La Sigatoka copa la agenda de la III Cumbre Mundial del Banano. (D. Hoy, Entrevistador)
- Arshad, R. (2014). *Sport Rich List*. Obtenido de <http://www.sportrichlist.com/>
- Ávila Baray, H. L. (2006). *Introducción a la metodología de la investigación*.
- Barrientos, A., del Cerro, J., Gutierrez, P., San Martín, R., Martínez, A., & Rossi, C. (2013). Vehículos aéreos no tripulados para uso civil. Tecnología y aplicaciones.
- Blanco Roldán, G., Gil Ribes, J., & Gamarra Diezma, J. (2013). *Informe de Mantenimiento y calibración de maquinaria para aplicación de productos fitosanitarios*.
- Cepal. (2014). *Informe anual 2013*.
- Crous , P., & Mourichon, X. (2002). *Mycosphaerella Pseudocercospora eumusae spp. nov.: causal agent of eumusae leaf spot disease of banana. Sydowia*.
- Elika. (2014). Drones y su uso en la agricultura.
- Ferri, M., & Bermejo, J. (2006). *Peon Especializado Agrícola*. Alcalá de Guadaíra (Sevilla): MAD-Eduforma.
- García V. , J., & Vázquez A. , L. (2012). *Los robots en el sector agrícola*.
- García, S. (1994). *Introducción a la economía de la empresa*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.

- Gregory, M. (2009). *Principios de economía*. México, D.F.: Cengage Learning Editores.
- Hanlon, M. (2004). *Gizmag*. Obtenido de <http://www.gizmag.com/go/2440/>
- Infomusa. (2004). Enfermedades y plagas: Un análisis de su importancia y manejo.
- Inibap. (2003). *Manejo convencional y alternativo de la Sigatoka Negra, nematodos y otras plagas asociadas al cultivo de Musáceas en los trópicos*.
- Inostroza, J., Méndez, P., & Ríos, P. (2011). *Manual de campo, Uso de equipos pulverizadores*.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2012). *Análisis del sistema agroalimentario del banano en el Ecuador*.
- Kai, G., Chen, B., & Heng Lee, T. (2011). *Unmanned Rotorcraft Systems*.
- Lira Chávez, J. (2012). *Tratamiento Digital de Imágenes Multiespectrales*. México: Instituto de Geofísica UNAM.
- López Granados, F. (2013). Uso de vehículos aéreos no tripulados (UAV) para la evaluación de la producción agraria.
- Marín, D., Romero, R., Guzmán, M., & Sutton, T. (2003). *Black Sigatoka and increasing threat to banana cultivation. Plant disease*.
- Montoya, R. (2014). *Drones: La muerte por control remoto*. Madrid: Ediciones AKAL.
- Núñez Escamilla, R. (2010). Diseño, construcción, instrumentación y control de un vehículo aéreo no tripulado (UAV). México D.F.
- Ricossa, S. (1990). *Diccionario de Economía*. México, D.F.: Siglo XXI.
- Romero, M., & colaboradores, &. (2003). *Producción ecológica certificada de hortalizas de clima frío*. Bogotá: U. Jorge Tadeo Lozano.
- Superintendencia de Compañías. (2013). *Supercias*. Recuperado el 10 de Octubre de 2013, de [http://www.supercias.gob.ec/visorPDF.php?url=bd\\_supercias/descargas/ss/LEY\\_DE\\_COMPANIAS.pdf](http://www.supercias.gob.ec/visorPDF.php?url=bd_supercias/descargas/ss/LEY_DE_COMPANIAS.pdf)

Torres Osorio, R., Ortíz Flores, F., Alvarado Lassman , A., & Báez Senties, O. (2008). *Fumigación aérea con una nave ultraligera*.

Universidad Nacional Agraria La Molina. (28 de Junio de 2005). *Universidad Nacional Agraria La Molina*. Recuperado el 07 de Enero de 2013, de <http://www.lamolina.edu.pe/proyeccion/oaeps/noticias/detalledenoticia1.asp?id=36>

Williams, D., & Gracey, A. (1996). *Mantenimiento y funcionamiento de silos*. Roma: Food & Agriculture Org.

Yamaha Motor. (2014). *Yamaha Motor*. Obtenido de <http://rmax.yamaha-motor.com.au/history>

Zambrano, L. (2012). Impacto de las medidas tributarias ecuatorianas para la creación de una empresa.

## Anexos:

### Anexo 1

#### Sistema YACS y GPS



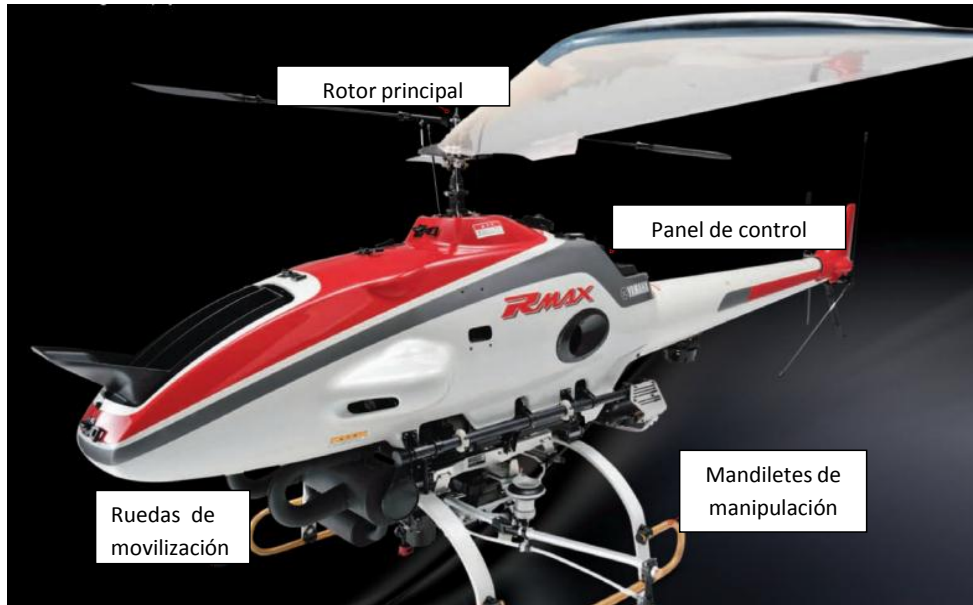
### Anexo 2

#### Implementación del modelo Yamaha Rmax Type IIG en la agricultura japonesa



### Anexo 3

#### Componentes del modelo Rmax Type IIG



### Anexo 4

#### Pulverizador liquido del UAV Yamaha Rmax Type IIG





## **Anexo 5**

### **Pulverizador granular del UAV Yamaha Rmax Type IIG**



## **Anexo 6**

### **Control remoto del UAV Rmax Type IIG**

