



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TEMA**

**Evaluación de la eficiencia de aplicación de dos diferentes métodos  
de Fumigación, mediante Dron vs aplicación con Aguilón en el  
cultivo de soya**

**AUTOR:**

**Pila Murillo Geovanny Francisco**

**Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de  
INGENIERO AGROPECUARIO**

**TUTOR:**

**Ing. Triana Tomalá Ángel Antonio, M.Sc.**

**Guayaquil, Ecuador**

**Septiembre de 2019**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Pila Murillo Geovanny Francisco**, como requerimiento para la obtención del Título de **Ingeniero Agropecuario**.

**TUTOR**

---

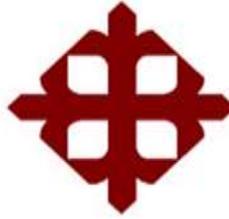
**Ing. Triana Tomalá, Ángel Antonio, M.Sc.**

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

---

**Ing. Franco Rodríguez, John Eloy, Ph.D.**

**Guayaquil, 9 de septiembre del 2019**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, PILA MURILLO, GEOVANNY FRANCISCO**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación: **Evaluación de la eficiencia de aplicación de dos diferentes métodos de Fumigación, mediante Dron vs aplicación con Aguilón en el cultivo de soya**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Agropecuario**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

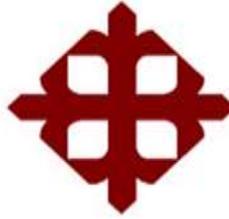
En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, 9 de septiembre del 2019**

**AUTOR**

---

**Pila Murillo, Geovanny Francisco**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**AUTORIZACIÓN**

**Yo, Pila Murillo, Geovanny Francisco**

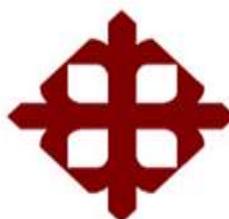
Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **Evaluación de la eficiencia de aplicación de dos diferentes métodos de Fumigación, mediante Dron vs aplicación con Aguilón en el cultivo de soya**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, 9 de septiembre del 2019**

**AUTOR**

---

**Pila Murillo, Geovanny Francisco**



## UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

### CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

#### CERTIFICACIÓN URKUND

La Dirección de las Carreras Agropecuarias revisó el Trabajo de Titulación: **“Evaluación de la eficiencia de aplicación de dos diferentes métodos de Fumigación, mediante Dron vs aplicación con Aguilón en el cultivo de soya**, de la carrera de Ingeniería Agropecuaria, donde obtuvo del programa URKUND, el valor de 0 % de coincidencias, considerando ser aprobada por esta dirección.

URKUND	
Documento	<a href="#">Pila Murillo Francisco UTE A 2019 TT.docx</a> (D54672154)
Presentado	2019-08-02 12:58 (-05:00)
Presentado por	ute.fetd@gmail.com
Recibido	noelia.caicedo.ucsg@analysis.orkund.com
	0% de estas 23 páginas, se componen de texto presente en 0 fuentes.

**Fuente:** URKUND-Usuario Caicedo Coello, 2019

Certifican,

---

**Ing. John Franco Rodríguez, Ph.D**  
Director Carreras Agropecuarias  
UCSG-FETD

---

**Ing. Noelia Caicedo Coello, M.Sc.**  
Revisora – URKUND

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mis Padres, que con su demostración ejemplar me han enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos.

A mi tío Byron Paredes, por su apoyo incondicional y por demostrarme la gran fe que tienen en mí.

Al Ing. Triana Tomalá Ángel Antonio, M.Sc., Director de Trabajo de Titulación, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de la misma.

A mis amigas, por haber logrado nuestro gran objetivo con mucha perseverancia. Por demostrarme que podemos ser grandes amigos y compañeros de trabajo a la vez.

Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este Trabajo de Titulación.

## **DEDICATORIA**

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más, A mis padres por ser las personas que me ha acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de vida, a mi tío Byron Paredes quienes han velado por mí durante este largo camino para convertirme en una profesional. A mis amigas, que gracias al equipo que formamos logramos llegar hasta el final del camino y que hasta el momento. A mis profesores, gracias por su tiempo, por su apoyo, así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

---

**Ing. Triana Tomalá Ángel Antonio, M.Sc.**

TUTOR

---

**Ing. Franco Rodríguez, John Eloy, Ph.D.**

DIRECTOR DE CARRERA

---

**Ing. Noelia Carolina Caicedo Coello, M.Sc.**

COORDINADORA UTE



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**CALIFICACIÓN**

---

**Ing. Triana Tomalá Ángel Antonio, M.Sc.**

**TUTOR**

## ÍNDICE GENERAL

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
1.1	Objetivos .....	3
1.1.1	Objetivo general.....	3
1.1.2	Objetivos específicos.....	3
1.2	Hipótesis.....	3
<b>2</b>	<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>4</b>
2.1	Antecedentes .....	4
2.2	Soya .....	4
2.2.1	Origen.....	4
2.2.2	Generalidades de la soya.....	4
2.2.3	Taxonomía.....	5
2.2.4	Descripción Botánica.....	5
2.2.5	Importancia de la soya en Ecuador.....	6
2.3	Agricultura de precisión .....	7
2.3.1	Eficiencia.....	7
2.3.2	Productividad.....	8
2.4	Impacto Ambiental.....	8
2.4.1	Contaminación atmosférica.....	9
2.4.2	Contaminación del agua.....	9
2.5	Fumigación.....	9
2.5.1	Fumigación agrícola.....	10
2.5.2	Fumigación aérea.....	10
2.5.3	Factores que afectan la distribución.....	10
2.5.4	Deriva.....	11
2.5.5	Coberturas mínimas pretendidas.....	11
2.5.6	Tipos de Boquillas.....	12
2.5.7	Agrotóxicos.....	12
2.6	Equipos de fumigación .....	12
2.6.1	Aspersores de mochila.....	12
2.6.2	Equipos completos de aspersión de tirón.....	12
2.6.3	Aspersoras motorizados para tractor.....	13
2.7	Manejo y calibración de aspersoras de tractor.....	13
2.7.1	Programar su uso .....	13
2.7.2	Ajustes y pruebas preliminares.....	14
2.7.3	Calibración de equipos con barra de aspersión.....	14

2.7.4	Calcular el volumen de agua por hectárea. ....	14
2.8	VANT (vehículo aéreo no tripulado) .....	14
2.8.1	Vehículos no tripulados para aplicaciones de la agricultura. ....	15
2.8.2	Dji AGRAS MG-1P.....	15
2.8.3	Rendimiento de vuelo. ....	16
2.8.4	Posicionamiento preciso con resistencia a interferencias.....	16
2.9	Mapeo .....	16
2.10	Reconocimiento del campo .....	16
2.10.1	Aplicación en el campo. ....	17
2.10.2	Consideraciones meteorológicas. ....	17
2.10.3	Manipulación de productos químicos.....	17
2.10.4	Después de la aplicación. ....	17
2.11.	Eficiencia relativa .....	18
<b>3</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>19</b>
3.1	Localización del ensayo .....	19
3.2	Tipo de Investigación .....	19
3.3	Materiales y Equipos .....	19
3.4	Diseño del Experimento .....	20
3.5	Variables .....	22
3.6	Manejo del Experimento.....	22
3.6.1	Mapeo de predio.....	22
3.6.2	Plan de Vuelo. ....	23
3.6.3	Preparación del equipo. ....	23
3.6.4	División del terreno. ....	23
3.6.5	Fumigación. ....	23
3.6.7	Recolección de papeles.....	24
3.6.8	Recolección de datos.....	24
3.6.9	Procesamiento de los datos.....	24
3.7	Análisis Estadístico .....	25
<b>4</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>26</b>
4.1	Tiempo en minutos de aplicación de una mezcla de Fertilizante, Insecticida y Funguicida .....	29
	Los resultados obtenidos de la fumigación se muestran a continuación..	29
4.2	Porcentaje de cobertura de los efectos de la fumigación .....	30
4.3	Número de muestras por Tratamiento de papeles hidro sensibles ....	31
4.4	Calculo de la eficiencia relativa .....	32
4.5	Análisis Económico .....	33

<b>5</b>	<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>34</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>36</b>
	6.1 Conclusiones.....	36
	6.2 Recomendaciones.....	37
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Taxonomía de la soya. ....	5
<b>Tabla 2 .</b> Cobertura según el tipo de aplicación.....	11
<b>Tabla 3.</b> Tratamientos.....	21
<b>Tabla 4.</b> Las variables evaluadas. ....	22
<b>Tabla 5.</b> Tiempo de aplicación con aguilón por hectárea Tratamiento 1. ....	26
<b>Tabla 6.</b> Tiempo de aplicación con dron por hectárea Tratamiento 2.....	26
<b>Tabla 7.</b> Tiempo de aplicación con dron por hectárea Tratamiento 3.....	27
<b>Tabla 8.</b> Cobertura de la aplicación con aguilón Tratamiento 1.....	27
<b>Tabla 9.</b> Cobertura de la aplicación con dron Tratamiento 2. ....	28
<b>Tabla 10.</b> Cobertura de la aplicación con dron Tratamiento 3. ....	28
<b>Tabla 11.</b> Promedios de tiempo en minutos. ....	29
<b>Tabla 12.</b> Análisis de la varianza. ....	29
<b>Tabla 13.</b> Test de Tukey. ....	30
<b>Tabla 14.</b> Porcentaje de cobertura. ....	30
<b>Tabla 15.</b> Análisis de la varianza. ....	31
<b>Tabla 16.</b> Test de Tukey. ....	31
<b>Tabla 17.</b> Promedio de número de papeles hidro sensibles.....	32
<b>Tabla 18.</b> Número de papeles por muestras ....	32
<b>Tabla 19.</b> Eficiencia relativa.....	32
<b>Tabla 20.</b> Costo de fumigación con aguilón.....	33
<b>Tabla 21.</b> Costo de fumigación con dron. ....	33

## Resumen

La presente investigación plantea la eficiencia de dos diferentes métodos de Fumigación, mediante dron vs. aplicación con aguilón en el cultivo de soya, la finalidad de este Trabajo se basa en demostrar que mediante el porcentaje de cobertura y la eficiencia relativa en función a la cobertura y tiempo de cada uno de los métodos se puede definir cual tiene mayor productividad en campo. El ensayo se lo realizó en la provincia de Los Ríos, Cantón Mocache, en el predio los Colones que se encuentra en la Vía Aguas Frías de Medellín. Fue implementado mediante un Diseño Completamente Aleatorio Monofactorial, con 3 Tratamientos y 5 repeticiones, dando un total de 15 unidades experimentales. El área que se trato fue de 15 hectáreas donde se encontraba sembrado soya (*Glycine max*) de 45 días de sembrado, se distribuyó aleatoriamente papeles Hidro sensibles para medir el nivel de cobertura y se tomó el tiempo de aplicación por hectárea. Mediante *Adobe Photoshop®* se determinó el porcentaje de cobertura de cada tratamiento, para determinar la eficiencia relativa en función al tiempo se utilizó el procedimiento descrito por Kershaw et al., (2016, p. 304). En conclusión, el método de fumigación con aguilón tubo mejor cobertura con un 74 % en comparación al 61.1 % que tuvo el tratamiento 3 y el 41.3 % del tratamiento 2, los que fueron fumigados con dron. En cuanto a la eficiencia relativa en función a la cobertura y tiempo, el método con aguilón es más eficiente con un 64.1 % vs. el dron con 35.99 %, esto nos indica que el aguilón tiene una productividad en campo mucho mayor que el dron. Pero, mediante la implementación de la fumigación con dron se puede evitar el desperdicio del agua, la reducción en la contaminación al medio ambiente y se obtiene una mayor concentración de ingrediente activo con un 90 % más que el método tradicional con aguilón. Al evaluar el efecto económico entre el dron y el aguilón, encontramos un mayor costo en aplicación por hectárea con dron de USA 19.46 frente a USA 16.71.

**Palabras claves:** Aguilón, Cobertura, Dron, Eficiencia y Fumigación.

## ABSTRACT

The present investigation raises the efficiency of two different Fumigation methods, by drone vs. application with boom in the cultivation of soybeans, the purpose of this Work is based on demonstrating that by means of the percentage of coverage and the relative efficiency depending on the time of each one of the methods it is possible to be defined which has greater productivity in field. The test was carried out in the province of Los Ríos, Mocache Canton, on the Los Colones property located on the Vía Aguas Frías de Medellín. It was an implement through a completely randomized monofactorial design, with 3 treatments and 5 repetitions, giving a total of 15 experimental units. The area that was treated was 15 hectares where soybean (*Glycine max*) was planted 45 days of sowing, sensitive Hydro papers were randomly distributed to measure the level of coverage and the application time per hectare was taken. The percentage of coverage of each treatment was determined using Adobe Photoshop®, to determine the relative efficiency as a function of time, the procedure described by Kershaw et al. (2016, p. 304) was used. In conclusion, the method of spraying with gable had better coverage with 74 % compared to 61.1 % who had treatment 3 and 41.3 % of treatment 2, who were sprayed with drone. As for the relative efficiency as a function of time, the gable method is more efficient with 82 % vs. the drone with 17.99%, this indicates that the boom has a much higher field productivity than the drone. But, by implementing drone fumigation, water waste, reduction in environmental pollution can be avoided and a higher concentration of active ingredient is obtained with 90% more than the traditional gable method. When evaluating the economic effect between the drone and the gable, we found a higher application cost per hectare with a drone of USA 19.46 compared to USA 16.71.

Key words: Aguilón, Coverage, Drone, Efficiency and Fumigation.

## 1 INTRODUCCIÓN

En la agricultura la tecnología ha ido progresando rápidamente, empezando por la maquinaria hasta llegar al perfeccionamiento de los softwares que se encargan de dirigirlas. Con la tecnología se busca la precisión en la agricultura ya que por medio de esta podemos llegar a ser más rentables y daremos solución a varios problemas.

La agricultura de precisión es una herramienta necesaria para obtener producciones altamente rentables, pero esta necesita ser probada para poder ser usada. Los drones son un claro ejemplo, ya que estas aeronaves no tripuladas son usadas como máquinas recreativas, profesionales y militares, existen drones de diferentes formas y tamaños que se los utiliza para trabajos de precisión.

Una de las mayores tendencias tecnológicas a nivel mundial es el desarrollo y uso de Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT o UAV - Unmanned Aerial Vehicle) aplicados en el ámbito agrícola. Los UAV o robots aéreos pueden ejecutar diferentes tipos de misiones, como los de agricultura o medio ambiente.

En Latinoamérica está despegando la aplicación y desarrollo de los UAV. Es seguro que las proporciones cambiarán en los próximos años, dado el tremendo potencial de los UAV para dar respuesta a problemáticas específicas en los países de América del Sur. Los sistemas aéreos no tripulados (UAS) o UAV se están incrementando gracias a la eficacia de los aviones, sensores y las tecnologías relacionadas.

En Ecuador, la fumigación de herbicidas pre-emergentes se lo realiza por medio de maquinaria agrícola conocido como aguilonos los hay hidráulicos, hidroneumáticos, neumáticos, centrífugos, térmicos y electroestáticos. Los cuales utilizan recursos hídricos ya que por medio de

este le permite difundir el producto en el cultivo, el mal uso de este recurso por medio de las maquinarias no es eficiente porque requiere de volúmenes altos de agua y el tiempo de aplicación en dichos cultivos tampoco son eficientes, y esto representa una pérdida ambiental y económica de la agricultura en el Ecuador.

Es por esto que Mediante el presente Trabajo de Titulación se buscó cumplir los siguientes objetivos:

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo general.**

Evaluar la eficiencia de dos diferentes métodos de Fumigación, mediante VANT o Dron vs aplicación tradicional Aguilón

### **1.1.2 Objetivos específicos.**

- Medir la productividad de la fumigación aérea mediante VANT (vehículo aéreo no tripulado) y aguilón.
- Evaluar la productividad de la fumigación mediante VANT con respecto a la fumigación convencional (Aguilón)
- Comparar la eficiencia relativa de aplicación de dos métodos de Fumigación Aguilón vs la aplicación mediante (VANT) o drones
- Evaluar el efecto económico de la aplicación con (VANT) o drones vs la aplicación convencional Aguilón

## **1.2 Hipótesis**

Mediante la utilización de los (VANT) o drones logramos minimizar el tiempo de aplicación y maximizar el uso del recurso hídrico en la aplicación de productos químicos en la agricultura.

## **2 MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes**

Existen alrededor de 50 países fabricantes de este tipo de VANT (Vehículo Aéreo No Tripulado) en el mundo y alrededor de 1 600 tipos de plataformas. Los grandes países fabricantes siguen siendo Estados Unidos, seguido de Israel y algunos países de la Unión Europea. En general el uso de drones provee un panorama situacional de los cultivos, a través de la monitorización con sensores y cámaras para determinar y contrarrestar a tiempo los cambios que pueden modificar la salud de las plantaciones (Ibarra y Alberto, 2016, p. 9).

### **2.2 Soya**

#### **2.2.1 Origen.**

Procede de otra especie silvestre (*Glycine ussuriensis*). Su centro de origen se sitúa en el extremo oriente (China, Japón, Indochina). En la antigua China, el frijol de soya era una de las cinco plantas sagradas. Cada año se hacían solemnes ceremonias durante las cuales el propio emperador sembraba los frijoles. Ya hace 5 000 años se conocía su valor nutritivo extraordinariamente alto y las propiedades curativas del frijol de soya (Ruíz y Narciza, 2008, p. 30).

#### **2.2.2 Generalidades de la soya.**

La soya pertenece a la familia de las leguminosas, y se encuentra entre las primeras plantas cultivadas por los humanos. Desde el siglo XI A.C. se ha cultivado en China, en donde constituía la cosecha más importante. Posteriormente pasó al Japón en el siglo VI, a Europa en el siglo XVII y a los Estados Unidos en 1804 (Echeverry Londoño, Ramirez Salinas, y Quintero, 2011, p. 16).

### 2.2.3 Taxonomía.

De acuerdo con Echeverría y Luis (2017, p. 7) la Taxonomía es la siguiente:

**Tabla 1.** Taxonomía de la soya.

<b>Reino</b>	<b>Plantae</b>
<b>Filo</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Orden</b>	Fabales
<b>Familia</b>	Fabaceae
<b>Género</b>	<i>Glycine</i>
<b>Especie</b>	<i>Max</i>

**Fuente:** Echeverría y Luis (2017, p. 7).

**Elaborado por:** El Autor.

### 2.2.4 Descripción Botánica.

#### 2.2.4.1 Tallo.

Son erectos y más o menos ramificados, el grado de ramificación puede variar de acuerdo a la variedad, distancia de plantación, suelo entre otros. Los tallos pueden ser de crecimiento definido o determinado e indefinido o indeterminado. La distancia de siembra también influye en el desarrollo de las ramificaciones. Los tallos y las ramas están cubiertos por una fina pubescencia (León y Vicente, 2017, p. 7).

#### 2.2.4.2 Raíz.

Las raíces empiezan a crecer cuando las condiciones de humedad y temperaturas del suelo son adecuadas. Al final del ciclo del cultivo pueden haber alcanzado incluso un metro y medio de profundidad, aunque el mayor

volumen radicular se concentra en los primeros 30 cm. Las raíces de la soya, como las de todas las leguminosas, se caracterizan por su capacidad de producir nódulos en los que se desarrollan las bacterias (*Rhizobium*) capaces de fijar nitrógeno atmosférico (Vinces y Carolina, 2015, p. 5).

#### **2.2.4.3 Hojas.**

Son alternas y compuestas, excepto las basales que son simples. Son *trifoliada*, con los folíolos oval- lanceolados. Color verde característico que se torna amarillo en la madures, quedando las plantas sin hojas (Huayamave y Carolina, 2016, p. 12).

#### **2.2.4.4 Fruto.**

Consiste en una vaina, que pierde su color verde a medida que se presenta la maduración esto va a depender de la variedad, su color puede ser; amarillo claro, amarillo grisáceo, castaño o negro; la forma de las vainas son rectas o curvada, el largo varía de 2 a 7 cm con un diámetro de 1 a 2.5 cm y, el número de semillas de 1 a 5 por vaina. Las variedades comerciales de soya presentan vainas con 1, 2 o 3 semillas, las cuales son generalmente indehiscentes (Leyva, Ortiz, y Valdivié, 2007, p. 375).

#### **2.2.4.5 Inflorescencia.**

La flor de la soya es perfecta o completa, es decir, tanto los órganos sexuales femeninos como masculinos se encuentran en la misma flor, pueden aparecer en las axilas de las hojas o en el ápice del tallo, formando parte de inflorescencias racimosas (Márquez y Valeria, 2018, p. 15).

#### **2.2.5 Importancia de la soya en Ecuador.**

Para el 2014 según el Ministerio de Agricultura (MAG 2016), se estimó en 28.291 has cultivadas en el país. El rendimiento a nivel nacional para el ciclo de verano del 2015 fue de 2 040 kg ha-año. La producción de soya en la provincia de Los Ríos fue de 2 160 kg ha-año, destacándose entre los

cantones de mayor producción Vinces y Baba. Bajo este panorama de acuerdo al MAG (2016), las importaciones de soya, especialmente en forma de torta, han constituido un rubro importante para el abastecimiento de la demanda nacional (Montero y Frijoth, 2018, p. 5).

### **2.3 Agricultura de precisión**

La agricultura de precisión es posible gracias a las tecnologías de la información y comunicación (TIC), se refiere a un conjunto de técnicas que pueden ser divididas según el objetivo, en métodos que se orientan a buscar la homogeneidad en las labores mecanizadas y las técnicas. Con la implementación de la fumigación por drones se reduce el mal uso del agua y la contaminación por CO<sub>2</sub>, mediante software los drones aplican de manera eficiente los productos agroquímicos (Giusiano, 2017, p. 23)

Según Giusiano, (2017, p. 25) mediante este manejo se logran tres objetivos: Productivo (expresar el potencial de cada zona y la mejor calidad), Económico (aumento ingresos y disminución de costos) y Ambiental (reducción de impacto ambiental). La agricultura de precisión puede dividirse en tres etapas o grupos según las tecnologías que implica: recolección de datos, procesamiento e interpretación de la Información. Lo que hace posible llevar a cabo este proceso son:

- Sistema de posicionamiento global (GPS)
- Sistemas de Información Geográfica (SIG)
- Percepción remota, sensores remotos
- Tecnologías de dosis variables

#### **2.3.1 Eficiencia.**

La eficiencia es la manera en que los objetivos sean realizados en el caso de los drones fueron creados para reducir el consumo del agua, evitar la contaminación ambiental, lograr la mejor cobertura en cuanto a superficie

mojada y una mayor concentración de producto por volumen de agua (Rodríguez y Jara, 2013, p. 10).

### **2.3.2 Productividad.**

La productividad agrícola se mide como el cociente entre la producción y los factores productivos. Esta tiene que ver con la eficacia y la eficiencia con que se usan los recursos y se expresa como un por ciento de la producción entre los factores. Por ese motivo la productividad suele medirse el valor del producto final. En este caso será la tarea realizada (Llumipanta y Armando, 2015, p. 45).

## **2.4 Impacto Ambiental**

Los derechos ambientales son de gran relevancia en la agricultura ya que por medio de ellos se implementa leyes para el cuidado del mismo, ya que su deber es velar para que los actos propios del ser humano no sean descontrolados y que no aumente o contribuyan con el deterioro del ambiente. Para el correcto desarrollo de una sociedad no solo se debe tomar en consideración el progreso del ser humano sino también un correcto trato con la naturaleza (Campues y Joseeth, 2017, p. 18).

Según Campues y Joseeth establece que se debe tener un punto de equilibrio entre el hombre y la naturaleza una estabilidad en el desarrollo que permita una correcta regeneración del medio para garantizar un adecuado ecosistema para el futuro, y que para la consecución de este fin debe trabajar el Estado, formulando políticas públicas que permitan un empleo adecuado de las normativas que garanticen el cumplimiento de las mismas sin tener en cuenta la diferencia entre personas naturales como jurídicas, y que de la misma forma asegure la participación de todos los ciudadanos ecuatorianos que de una u otra manera se vean afectados con la contaminación ambiental (2017, p. 19).

### **2.4.1 Contaminación atmosférica.**

La principal causa de la contaminación atmosférica es el uso de combustibles fósiles tales como el petróleo. Los motores de combustión interna de los vehículos utilizan principalmente en la agricultura y emiten niveles considerables de contaminantes atmosféricos, tales como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NOX), monóxido de carbono (CO), con la agricultura de precisión se busca mitigar esta contaminación con vehículos que utilicen energía renovable (Smith, 2016, p. 2).

### **2.4.2 Contaminación del agua.**

Los procesos agrícolas cada vez utilizan más productos químicos incrementado la contaminación difusa de las aguas subterráneas. Estos productos se esparcen por el cultivo, haciendo un uso excesivo de ellos, y gran parte no es absorbida por el cultivo y se filtra a través del terreno, alcanzando el nivel freático del terreno yendo a parar a las aguas subterráneas y contaminando las mismas, la agricultura de precisión busca reducir el uso del agua, mediante la eficiencia de las aplicaciones químicas (Smith, 2016, p. 4).

La contaminación de las aguas por las fumigaciones puede generarse por diferentes canales, entre ellas tenemos: aplicación directa, arrastre de las toxinas por el agua lluvia, fumigación aérea cerca de los cursos de agua. El arrastre de las toxinas hacia el agua depende de factores como: el tiempo entre la aplicación, la intensidad de la aplicación, distancia entre las áreas tratadas y las aguas superficiales o subterráneas, cantidad de plaguicidas y método de aplicación, solubilidad en el agua, cobertura vegetal y contenido de humedad del suelo (Auquilla González, 2015, p. 26).

## **2.5 Fumigación**

Las fumigaciones son métodos para el control de plagas. La realidad es que las fumigaciones son tratamientos en los que se usan agua y

productos químicos, los cuales son aplicados a los cultivos para evitar la propagación de enfermedades o plagas (Rodríguez y Arturo, 2018, p. 5).

### **2.5.1 Fumigación agrícola.**

La fumigación del suelo es necesaria en el caso de presencia de organismos fitopatógenos en el suelo. 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 (Arboleda Endara y Massuh Defaz, 2014, p. 10).

### **2.5.2 Fumigación aérea.**

Los pulverizadores aerotransportados son equipos de aplicación de productos fitosanitarios diseñados para su montaje en aeronaves (avión, helicóptero y Drones) y poseen la característica de realizar tratamientos a distintos volúmenes de aplicación. La tarea de fumigación agrícola se la lleva a cabo mediante avionetas, helicópteros y drones agrícolas, fundamentalmente el manejo del sistema es similar. No obstante los drones realiza la tarea con mayor precisión debido a que puede mantenerse suspendido en el aire gracias a su sistema de ocho hélices que le permiten mantenerse suspendido en el aire (Arboleda y Massuh Defaz, 2014, p. 11).

### **2.5.3 Factores que afectan la distribución.**

Según Ramos existen varios factores que contribuyen a la calidad de la distribución de una pulverización. Durante una medición estática, los factores siguientes pueden tener un efecto significativo sobre la distribución.

- Boquillas
- Altura
- Filtros obstruidos.

- Factores de tubería que influyen en la turbulencia del líquido.
- Estabilidad de la pulverizadora
- Condiciones ambientales
- Velocidad del viento
- Dirección del viento
- Pérdidas de presión ( 2016, p. 8).

#### **2.5.4 Deriva.**

Es la pérdida del producto antes que llegue a su objetivo. Las gotas más propensas a la deriva son, por lo general, las gotas pequeñas, inferiores a 200 micras de diámetro y son fácilmente desviadas del objetivo por el viento u otras condiciones climáticas. La deriva puede causar el depósito de productos agroquímicos en zonas no deseadas con graves consecuencias (Ramos, 2016, p. 9).

#### **2.5.5 Coberturas mínimas pretendidas**

Por cobertura debe entenderse que es la cantidad de agroquímico depositado en la planta. Las necesidades de coberturas son variables en función del tipo de producto a aplicar, si es sistémico o actúa por contacto, y por las características del objetivo (tamaño, forma exposición y capacidad de retención). Independientemente de ello, la cobertura lograda en el blanco siempre debe ser homogénea (Irizo y Jesús, 2018, p. 10).

**Tabla 2 .** Cobertura según el tipo de aplicación

<b>Tipo de Aplicación</b>	<b>Gotas/cm</b>
Insecticida	20/30
Herbicidas de preemergencia	20/30
Herbicidas de postemergencia	30/40
Herbicidas de contacto	30/40
Fungicidas	50/70

**Fuente:** Irizo y Jesús (2018, p. 10).

**Elaborado por:** El Autor.

### **2.5.6 Tipos de Boquillas.**

Las boquillas son la parte más importante de todo el equipo pulverizador, ya que es la pieza encargada de la producción de las gotas y de distribuir la mezcla de plaguicida y líquido sobre la superficie bajo tratamiento. En términos generales, se identifican tres patrones de distribución como fundamentales, los cuales son: De cono hueco, de cono lleno y Abanico plano (Alvarez, 2016, p. 3).

### **2.5.7 Agrotóxicos.**

Es cualquier sustancia o mezcla de sustancias tóxicas destinadas a prevenir, eliminar o controlar cualquier plaga. Son también llamados biocidas, por lo tanto, son sustancias peligrosas que pueden dañar la salud humana y contaminar el medio ambiente. Se estima que en la actualidad aproximadamente el 85 % de los plaguicidas empleados en el mundo se utilizan en el sector agropecuario. Dentro de las actividades agrícolas se encuentra la producción de diferentes tipos de cultivos según la zona geográfica (Gauicha y Bolívar, 2015, p. 8).

## **2.6. Equipos de fumigación**

### **2.6.1 Aspersores de mochila.**

Se utilizan para atomizar sustancias, polvos y ULV. Son muy cómodas de usar ya que se cuelgan en la espalda del operador al igual que una mochila. Cuentan con chorros regulables en presión y flujo.

- La capacidad de los depósitos de líquidos varía entre los 12 y 25 litros.
- Las capacidades de descarga varían entre los 0.5 y los 7.1 litros (Mapsa S.A. de C.V, 2018).

### **2.6.2 Equipos completos de aspersión de tirón.**

Ideales para remolque con cuatrimotos o motocultores. Son útiles en la aplicación de agroquímicos, especialmente para zarzamoras y otros frutos

de aplicación foliar, cuentan con más de una pistola para una mejor cobertura del objetivo.

Características:

- La capacidad de los depósitos de líquidos varía ente los 200 y 300 litros.
- La capacidad de caudal ronda los 30 y 40 l/min (Mapsa S.A. de C.V, 2018).

### **2.6.3 Aspersoras motorizados para tractor.**

Este tipo de equipos cuenta con un chasis de acero diseñado para ser acoplado en un tractor.

Características:

- La capacidad de los depósitos de líquidos varía ente los 240 y 800 litros.
- La capacidad de caudal oscila entre los 30 y 40 l/min.
- Cuentan con varias boquillas de aspersión, entre las 5 y 30 unidades.
- La cobertura o rango de aspersión del Aguilón oscila entre los 2 y 15 metros (Mapsa S.A. de C.V, 2018).

## **2.7 Manejo y calibración de aspersoras de tractor**

Las aspersoras de tractor deben ser vistas como una unidad integral, durante y después de su uso para no afectar la eficiencia de sus labores, el mantenimiento y calibración es muy importante porque nos permite garantizar que la maquinaria está trabajando de la mejor manera y mantiene su productividad, para ello se debe seguir los siguientes pasos (Herrera Vivas, Montenegro Ramos, y Camacho Tamayo, 2018, p. 10)

### **2.7.1 Programar su uso**

Es muy importante saber cuál es el producto que se va aplicar y su ingrediente activo, de acuerdo con las características del producto y las indicaciones del manejo, se establecerá volúmenes de aplicación, se elige el tipo de boquilla que se requiere, el número de boquillas y la velocidad de aplicación (Herrera et al., 2018, p. 11)

### **2.7.2 Ajustes y pruebas preliminares.**

Antes de realizar las aplicaciones de productos se debe revisar los equipos, para observar el estado de rodamientos, chumaceras, llantas, nivel del aceite de la bomba, revisar las mangueras y posibles agrietas del tanque, lavar los filtros, comprobar la distancia entre boquillas y los ángulos de aplicación (Montoya y Villalba., 2015, p. 49)

### **2.7.3 Calibración de equipos con barra de aspersión.**

Según Soria La boquilla es la pieza principal de distribución de la mezcla de aspersión. De ella depende la forma de pulverización, cantidad de flujo y tamaño de gota. Para la calibración llenar el tanque con 4 litros de agua, con la presión suficiente, en un frasco medidor, descargar durante 1 minuto el tanque, proceder a determinar el volumen de agua usado, convertir los cc/min descargados, a gl/min; para poder comparar el gasto de agua, con la descarga que debería tener la boquilla por minuto, según el fabricante. (2014, p. 17).

### **2.7.4 Calcular el volumen de agua por hectárea.**

Se debe tomar en cuenta la cobertura del aguilón que en este caso es de doce metros de ancho y la velocidad del tractor es de 6 km/h se transforma de kilómetros a metros 6 000 m y se multiplica  $12\text{ m} * 6\ 000\text{ m} = 72\ 000\text{ m}^2$  y se divide para  $10\ 000\text{ m}^2$  es igual a 7.2 ha. Una boquilla descarga 60 litros/h por 24 boquillas que tiene el aguilón son 1 440 litros/h se realiza una regla de tres y se obtiene que en una hectárea 200 litros de agua (Romero, 2014, p. 47).

## **2.8 VANT (vehículo aéreo no tripulado)**

Los vehículos no tripulados son herramientas que no llevan piloto o son controladas remotamente. Adicionalmente pueden portar cámaras, sensores e incluso armas. Estos vehículos son utilizados actualmente en diversas aplicaciones como son: militares, inspección y vigilancia de líneas

eléctricas y de tuberías, patrullaje de fronteras, misiones de rescate, monitoreo de regiones, búsqueda de petróleo y gas natural, prevención de incendios, topografía y desastres naturales, agricultura y entrega de paquetes (Montoya y Villalba., 2015, p. 14)

### **2.8.1 Vehículos no tripulados para aplicaciones de la agricultura.**

Una aplicación del campo de la robótica en la agricultura son los sistemas móviles o vehículos provistos de cierta autonomía utilizados en aplicaciones de agricultura, horticultura y jardinería, son sistemas con capacidad de desplazamiento y decisión sobre si mismos, en entornos sin marcaciones específicas. El concepto de autonomía es gradual y por ello engloba desde sistemas con habilidad para seguir trayectorias rectilíneas prefijadas hasta sistemas capaces de detectar y reaccionar adecuadamente ante obstáculos previstos (González y Cristian, 2017, p. 29).

La utilización de aviones no tripulados en la agricultura ha resultado de mayor eficacia en comparación con la tecnología de satélite, una ventaja cercana es que a los agricultores les permite tener la capacidad de observar sus cultivos sin tener que recorrer grandes extensiones de terreno para tener una visión conjunta de la zona haciendo que de esta manera se puedan realizar riegos, fertilizaciones o tratamientos sanitarios en las zonas de las fincas agrícolas donde se detecten dichas necesidades y en el momento que se considere más adecuado (León y Stevens, 2017, p. 27).

### **2.8.2 Dji AGRAS MG-1P.**

El DJI Agras MG-1 es un octocóptero diseñado para la aplicación de tasa variable de precisión de pesticidas líquidos, fertilizantes y herbicidas, lo que aporta nuevos niveles de eficiencia y capacidad de administración a la agricultura (Dji, n.d, 2019, p. 1).

### **2.8.3 Rendimiento de vuelo.**

Con ocho rotores, los Drones Agrícolas de la Serie MG-1P emplean algoritmos avanzados de propulsión y control para garantizar la seguridad del vuelo incluso si un brazo o motor se rompe durante el vuelo. El sistema de accionamiento del motor cuenta con un mecanismo de comunicación redundante que permite al sistema redireccionar las señales de control durante la operación, si es necesario (Dji, n.d,2019 p. 2).

### **2.8.4 Posicionamiento preciso con resistencia a interferencias.**

El MG-1P RTK está impulsado por la tecnología de navegación y posicionamiento D-RTK de alta precisión de DJI, que ofrece un posicionamiento de nivel centímetro que es esencial para las aplicaciones industriales. La tecnología de búsqueda de dirección de doble antena ofrece una fuerte resistencia contra las interferencias electromagnéticas, lo que garantiza la seguridad del vuelo incluso cuando la aeronave vuela cerca de líneas de alta tensión o en otros entornos complicados. (Dji, n.d, 2019, p. 3)

## **2.9 Mapeo**

La adecuada preparación previa ayudará a verificar que la aplicación real se esté llevando a cabo bajo condiciones seguras y que la programación precisa de la aspersion asegure que el producto se aplique con efectos óptimos. Los empleadores y el operario deben asegurarse que todo el equipo de seguridad y la ropa estén limpios y en buen estado de reparación (Blundo Canto, Giraldo Mendez, C, Álvarez-Toro, y Pérez, 2016, p. 10).

## **2.10 Reconocimiento del campo**

El operador acepta la responsabilidad de tratar un campo particular y la decisión de rociar se tomará después de un vuelo de inspección preliminar para determinar los linderos de la ubicación y precisar el método para marcar el puntos GPS (Parra Gaviria, 2017, p. 6).

### **2.10.1 Aplicación en el campo.**

terreno. El piloto también anotará la posición de los árboles, las líneas eléctricas aéreas, las habitaciones, las vías de agua, y las ondulaciones del campo, los cuales pueden afectar el funcionamiento del dron (Parra Gaviria, 2017, p. 6).

### **2.10.2 Consideraciones meteorológicas.**

La eficiencia del depósito de la aspersion está grandemente influida por las condiciones meteorológicas locales a la altura del cultivo. La velocidad y la dirección del viento, la humedad relativa y la frecuencia de lluvia, todas ellas pueden influir en el depósito de la aspersion. La distancia que recorre una gota de rociado depende de su tamaño y de la velocidad vertical, la altura de liberación y las condiciones ambientales (Tacuri Auquilla y Olmedo Carrillo, 2019, p. 15).

### **2.10.3 Manipulación de productos químicos.**

Para ayudar a mantener la exposición del operario y del aspersor a un mínimo, en donde sea posible, debe darse preferencia al uso de paquetes de pesticidas manejados por medio de sistemas cerrados de transferencia. El manejo y la cargada de productos químicos solamente puede llevarse a cabo por un personal protegido y plenamente entrenado. El material absorbente para contener salpicaduras debe estar disponible en el sitio de llenado. El depósito dedicado a productos químicos debe mantenerse protegido todas las veces y debe tener una sección segura para almacenar recipientes de productos químicos vacíos antes de recogerlos para descartarlos (Núñez y Ricardo, 2017, p. 9).

### **2.10.4 Después de la aplicación.**

La seguridad continúa siendo la consideración primaria después de la aspersion o cuando se limpien o reparen los equipos de aspersion y de carga. Tales operaciones deben llevarse a cabo por personal de mantenimiento que no está familiarizado con la protección requerida cuando

se maneje equipo contaminado. Este personal debe estar plenamente protegido cuando limpie el equipo de aspersión (Sarcos y Antonio, 2015, p. 10)

### 2.11. Eficiencia relativa

Para la evaluación de la eficiencia de dos diferentes métodos de Fumigación, mediante dron vs. Aplicación con Aguilón se utilizará el procedimiento descrito por Kershaw et al., (2016, p. 304).

La ecuación que se muestra a continuación estima la eficiencia de la unidad de muestreo dos en relación a la eficiencia de la unidad de muestreo uno. Si  $e > 1$  indica que la unidad de muestreo dos se llevó a cabo de una forma más eficiente que la unidad de muestreo uno (muestreo de referencia) y viceversa. En esta ecuación no se consideran los tiempos de traslado entre unidades de muestreo.

$$e = \frac{(S_X)_1^2 t_1}{(S_X)_2^2 t_2}$$

Dónde:

- $S_{x1}$  = error estándar (en porcentaje) para una unidad de muestreo como base de comparación.
- $S_{x2}$  = error estándar (en porcentaje) para la otra unidad de muestreo a comparar.
- $t_1$  = tiempo para llevar a cabo la unidad de muestreo de referencia.
- $t_2$  = tiempo para llevar a cabo la unidad de muestreo comparada.

Los valores de tiempo fueron obtenidos a partir de los registros de mediciones en campo.

### **3 MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Localización del ensayo**

El Trabajo de Titulación se llevó acabo en la provincia de Los Ríos en la cabecera cantonal Mocache, en el predio los Colones que se encuentra en la Vía Aguas Frías de Medellín, en el kilómetro 15, con unas coordenadas S01°17'08.9" W079°03'14.0". El promedio de temperatura es 25.3 °C. Las precipitaciones anuales son de 1 928 mm.

#### **3.2 Tipo de Investigación**

El presente Trabajo de Titulación tuvo un enfoque cuantitativo, con un alcance descriptivo y correlacional, se desarrolló mediante un proceso investigativo experimental en campo.

#### **3.3 Materiales y Equipos**

- Cuaderno
- Lápiz
- Cámara de fotos
- Recipientes para la solución
- Baterías del Dron
- Dosificadores
- Generador de energía
- Medidor de pH
- Equipo para protección contra agroquímicos
- Guantes de nitrilo
- Botas de caucho
- Gafas
- Mascarilla
- Orejeras
- Computadora

- Papel sensible al agua 40 X 78 mm
- Piola
- Estacas
- VANT (Vehículo Aéreo No Tripulado) Dji 1P
- Cronómetro
- Tanque de 200 litros
- Aguilón
- Tractor
- Programas topográficos
- Agua
- Boquillas de pulverización
- Cinta métrica
- *Adobe Photoshop®*
- Escáner

### **3.4 Diseño del Experimento**

El presente Trabajo de Titulación se realizó mediante un Diseño Completamente Aleatorio (DCA) Monofactorial, donde se realizó 3 tratamientos con 5 repeticiones, dando un total de 15 Unidades Experimentales. Mediante el Análisis de Varianza (ANOVA) (Fisher, 1925), se realizó el procesamiento estadístico. Cuando ANOVA indicó la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos, se aplicó la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) para la separación de medias.

Las unidades experimentales utilizaron un área de 10 000m<sup>2</sup> donde se encontraba sembrado el cultivo de soya (*Glycine max*) con edad fenológica de 45 días, se procedió a distribuir aleatoriamente papeles hidro sensibles los cuales al entrar en contacto con un líquido se tiñen de color azul lo que nos indica el área de aplicación, estos se colocaron en las hojas de la planta en la parte alta, media y baja del cultivo y por medio de Adobe Photoshop se mide la cantidad de pixeles teñidos y el porcentaje de

cobertura. para saber el número de papeles que se tendrán que poner por cada hectárea se utiliza la fórmula:

$$n = \frac{t^2 \cdot CV^2}{R^2}$$

Dónde:

- n = Tamaño de muestra
- CV = Coeficiente de variación.
- t = estadístico de la distribución *t de Student* correspondiente al nivel de significación establecido.
- R = error de muestreo fijado (Llanderal, 2017, p. 52).

Cada tratamiento conto con una altura de aplicación y velocidad constante para evitar variaciones estadísticas:

**Tabla 3.** Tratamientos

Tratamientos	Parámetros			
	Fumigación	Altura	Velocidad	Descarga
T1	Aguilón	70 cm	6 km/h	200 lt/ha
T2	Dron	220 cm	5 km/h	14.7 lt/ha
T3	Dron	170 cm	3 km/h	18.7 lt/ha

**Elaborado por:** El Autor.

Se midió el tiempo que se demoraron en aplicar el producto por hectárea, dando un total de (*n*) Unidades Experimentales. Cuando el ANOVA indique la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos, se aplicó la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) para la separación de medias.

### 3.5 Variables

En esta Tabla se presentan las variables.

**Tabla 4.** Las Variables evaluadas.

<b>Variables</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Medida</b>
Tiempo	Periodo determinado durante el que se realizara una acción o se desarrolla un acontecimiento (Sánchez Tovar, Jurado, Brasileiro, y Dilma, 2013, p. 6)	Minutos	Se usó un Cronómetro
Cobertura	Es el porcentaje que cubre un producto en un área determinada (Gómez-Gómez et al., 2017, para. 5)	Porcentajes	Papel Tornasol

**Elaborado por:** El Autor.

### 3.6 Manejo del Experimento

#### 3.6.1 Mapeo de predio.

Previo a realizar la fumigación se identificó los límites del predio se divide por sectores mediante las curvas de nivel y la topografía del área ya que se debe identificar claramente los obstáculos para la intervención del dron y el aguilón. En el caso del dron no se podrá fumigar a 3 m del obstáculo lo cual tendrá que realizarlo a bomba a mochila esto es por seguridad del equipo, será seleccionado un lugar donde podremos despegar, aterrizar y abastecer al dron, mientras tanto para el aguilón se ubica los tanque de abastecimiento en un sitio estratégico para su posterior llenado, ya establecido estos parámetro se precederá a informar a las personas aledañas al cito que se pretende realizar una fumigación con dron para evitar accidentes.

### **3.6.2 Plan de Vuelo.**

Se procedió a prender el control y a recorrer la superficie que fue fumigada, el dron debe estar apagado, se tomó puntos GPS, los cuales nos marcaran los límites de la fumigación, al finalizar el recorrido tendremos un mapa del terreno y podremos ingresar los parámetros de vuelo que son altura, velocidad y descarga del producto.

### **3.6.3 Preparación del equipo.**

Se chequeo los equipos que se van a utilizar, en este caso el funcionamiento del dron y del aguilón estén en óptimas condiciones y tener todos los materiales ya descritos anteriormente, para la fumigación con aguilón se contará con 2 trabajadores los cuales se encargaran del funcionamiento y manipulación del equipo.

En la fumigación por dron es esencial contar con dos personas la primera se encargará de controlar el dron y la otra persona actuará en 3 situaciones; al momento de las mezclas del producto y la dosificación, al sacar y colocar las baterías e identificará los problemas de hélices del dron.

### **3.6.4 División del terreno.**

Se procedió a dividir el terreno en 15 unidades experimentales que serán simétricamente igual y cada parte contó con 10 000 m<sup>2</sup>, se fracciono en 10 partes iguales de (31m x 31m) donde se puso un papel hidro sensible con esto se garantizó que los papeles están distribuidos de forma uniforme en el terreno. Los papeles sirven para establecer el porcentaje de cobertura. Los papeles serán fijados en las hojas con clips para evitar su movimiento.

### **3.6.5 Fumigación.**

Se procedió a fumigar primero con el aguilón y luego con el dron y los protocolos a seguir para la fumigación están dados por la empresa Agroinnova. Mientras para la fumigación con aguilón la hacienda tiene ya

establecido su propio protocolo de fumigación tomamos los que ellos los tienen establecidos para no incidir en los resultados.

### **3.6.7 Recolección de papeles.**

Se recolectaron los papeles hidro sensibles con guantes de látex para evitar que la humedad de las manos los manche, para evitar la pérdida de los papeles se colocaron estacas para identificar su ubicación.

### **3.6.8 Recolección de datos.**

La variable tiempo se midió minutos por hectárea, se tomó el tiempo que se demora cada método en fumigar una hectárea, fue medido por medio de un cronómetro. La variable cobertura se midió por medio de los papeles hidro sensibles que se ubicaron en cada hectárea y al final de la fumigación se recolectaron y guardaron en bolsas herméticas para evitar que se dañen las muestras ya que se pueden alterar los resultados.

### **3.6.9 Procesamiento de los datos.**

Los 15 datos de tiempo recolectados por cada tratamiento se los pasó a una hoja de Excel, donde mediante la estadística descriptiva se realizó una media para establecer un porcentaje de tiempo el cual mediante una prueba de ANOVA nos ayudará establecer si existe una diferencia significativa en cada tratamiento.

Los papeles hidro sensible fueron escaneados con un recuadro negro que mide  $1 \text{ m}^2$  ya que el programa requiere una referencia de dimensiones, lo cual permite que *Adobe Photoshop®* mida los pixeles, se estableció el porcentaje de área mojada en el papel por medio de una regla de tres.

### **3.7 Análisis Estadístico**

Los datos que se obtuvieron fueron tabulados en una hoja electrónica de Excel, luego se clasificó de acuerdo al tratamiento que corresponde. Además, los datos también se sometieron a un análisis para la aplicación de estadísticas descriptivas. Para la obtención de los resultados se utilizó el programa estadístico *Infostat*® versión estudiantil y fueron expresados mediante tablas, figuras, textos y el método porcentual.

Validación externa: se logra mediante la repetición de la investigación en pruebas siguientes.

Validación Interna: depende de los criterios estadísticos usados en la investigación.

## 4 RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el presente Trabajo se describen a continuación.

En las Tablas 5, 6 y 7 se presentan los datos que corresponden al tiempo de aplicación por hectárea de los Tratamientos (T1, T2 y T3) respectivamente los cuales permitieron obtener conclusiones para esta investigación.

**Tabla 5.** Tiempo de aplicación con aguilón por Hectárea Tratamiento 1.

Tratamiento	Repeticiones	Tiempo en minutos
T1	R1	12.3
T1	R2	13.4
T1	R3	14.0
T1	R4	11.6
T1	R5	14.4
	$\bar{X}$	13.1

**Elaborado por:** El Autor.

En la Tabla 5 que corresponde al Tratamiento 1 fumigación con aguilón donde se obtuvo un promedio de 13.1 minutos siendo el más bajo entre los tres tratamientos.

**Tabla 6.** Tiempo de aplicación con Dron por hectárea Tratamiento 2.

Tratamiento	Repeticiones	Tiempo en minutos
T2	R1	29.3
T2	R2	30.4
T2	R3	31.0
T2	R4	28.0
T2	R5	31.0
	$\bar{X}$	29.9

**Elaborado por:** El Autor.

En la Tabla 6 que pertenece al Tratamiento 2 Fumigación con Dron con una altura de 2.2 m y una velocidad 5 km/h y una descarga de 14.7 lt/ha que tiene un promedio de 29.9 minutos de aplicación por hectárea es significativa la diferencia con la Tabla 6 pero no tiene mucha variación con la Tabla 7.

**Tabla 7.** Tiempo de aplicación con Dron por hectárea Tratamiento 3.

<b>Tratamiento</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>Tiempo en minutos</b>
T2	R1	30.0
T2	R2	29.3
T2	R3	29.0
T2	R4	31.6
T2	R5	30.4
	$\bar{X}$	30.1

**Elaborado por:** El Autor.

El promedio en la Tabla 7 es de 30.1 minutos que es el mayor de los tres ya que el Tratamiento 3 se aplicó a una velocidad de 3 km/h y a una altura de 1.7 m.

En las Tablas 8, 9 y 10 se muestran los datos de cobertura del Tratamiento (T1, T2, T3) que muestra la cantidad de centímetros cuadrados que fueron mojados por la aplicación y están transformados a porcentajes de cobertura.

**Tabla 8.** Cobertura de la aplicación con aguilón Tratamiento 1.

<b>Tratamiento</b>	<b>Repetición</b>	<b>Cobertura en cm2</b>	<b>Porcentaje</b>
T1	R1	21.68	69.49 %
T1	R2	23.22	74.43 %
T1	R3	23.03	73.80 %
T1	R4	23.69	75.92 %
T1	R5	23.88	76.56 %

**Elaborado por:** El Autor.

En la Tabla 8 se muestra un promedio de 74.4 % de cobertura de la hoja que es un porcentaje muy alto comparado con el promedio de la Tabla 9 ya que la aplicación con aguilón descarga 200 litros de agua por hectárea mientras que el Tratamiento 2 solo descarga 14.8 litros por hectárea.

**Tabla 9.** Cobertura de la aplicación con dron Tratamiento 2.

<b>Tratamiento</b>	<b>Repetición</b>	<b>Cobertura en cm<sup>2</sup></b>	<b>Porcentaje</b>
T2	R1	14.55	46.63 %
T2	R2	13.3	42.63 %
T2	R3	14.25	45.67 %
T2	R4	10.44	33.45 %
T2	R5	11.83	37.93 %

**Elaborado por:** El Autor.

En la Tabla 9 el promedio es el más bajo de todos con 41.26 % esto se debe a que la aplicación fue a una velocidad de 5 km/h y una altura de 2.2 m y se pierde producto por el efecto de la deriva.

**Tabla 10.** Cobertura de la aplicación con dron Tratamiento 3.

<b>Tratamiento</b>	<b>Repetición</b>	<b>Cobertura en cm<sup>2</sup></b>	<b>Porcentaje</b>
T3	R1	18.79	60.21 %
T3	R2	18.62	59.67 %
T3	R3	19.55	62.65 %
T3	R4	19.93	63.87 %
T3	R5	19.15	61.37 %

**Elaborado por:** El Autor.

En la Tabla 10 el promedio es de 61.55 % y la cobertura mejora en comparación al Tratamiento 2, esto se debe a que la altura de fumigación baja a 1.7 m y con una velocidad de 3 km/h con esto se evita el desperdicio por deriva.

#### 4.1 Tiempo en minutos de aplicación de una mezcla de Fertilizante, Insecticida y Funguicida

Los resultados obtenidos de la fumigación se muestran a continuación.

**Tabla 11.** Promedios de tiempo en minutos.

Tratamientos	Repeticiones					$\bar{X}$
	R1	R2	R3	R4	R5	
T1	12.3	13.4	14.0	11.6	14.4	13.1
T2	29.3	30.4	31.0	28.0	31.0	29.9
T3	30.0	29.3	29.0	31.6	30.4	30.1

**Elaborado por:** El Autor.

Los promedios de la evaluación realizada en el tiempo de fumigación de Fertilizante líquido, Insecticida y Funguicida se presentan en la Tabla 11. Se observa que los promedios más altos, fueron de 30.1 minutos, que fue la fumigación por dron a una altura de 1.7 m y una velocidad de 3 km/h mientras que el menor promedio 13.1 minutos corresponde a la fumigación con Aguilón con una velocidad de 6 km/h.

**Tabla 12.** Análisis de la varianza.

F.V.	GI	SC	CM	F	p-valor	CV
Repeticiones	4	4.65	1.16	0.08	0.558	4.95
Tratamientos	2	947.57	473.78	325.48	0.0001	
Error	8	11.65	1.46			
Total	14	963.86				

**Elaborado por:** El Autor.

Al realizar el Análisis de la varianza cuyos resultados se presentan en la Tabla 12 se observó que no hubo diferencias significativas en repeticiones mientras que en tratamientos si hubo diferencias altamente significativas.

**Tabla 13.** Test de Tukey.

<b>Error: 1.455</b>	<b>Alfa = 0.05</b>	<b>DMS = 2.180</b>	
Tratamientos	Media	E.E.	
1	13.14	0.54	A
2	29.94	0.54	B
3	30.06	0.54	B

**Elaborado por:** El Autor.

Al realizar el Test de Tukey al 5 % de probabilidad en los promedios de los Tratamientos se determinaron dos rangos de significancia (A y B) el promedio general fue de 24.38 min y el coeficiente de variación determinado fue de 4.95 %

#### **4.2 Porcentaje de cobertura de los efectos de la fumigación**

Los promedios de la investigación se muestran a continuación.

**Tabla 14.** Porcentaje de cobertura.

<b>Tratamientos</b>	<b>Repeticiones</b>					$\bar{X}$
	R1	R2	R3	R4	R5	
T1	69.49	74.43	73.8	75.92	76.53	74.0 %
T2	46.63	42.63	45.67	33.45	37.93	41.3 %
T3	60.21	59.67	62.65	63.87	61.37	61.6 %

**Elaborado por:** El Autor.

En la Tabla 14 se presentan las mediciones realizadas en la cobertura de los tratamientos de fumigación realizados. El mayor promedio con 74 % corresponde al Tratamiento 1 seguido del Tratamiento 3 con 61.1 % en el último término el Tratamiento 2 con 41.3 %.

**Tabla 15.** Análisis de la varianza.

<b>F.V.</b>	<b>GI</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P-Valor</b>	<b>CV</b>
Repeticiones	4	14.04	3.51	0.14	0.939	7.37
Tratamientos	2	2735.87	1367.93	72.57	0.0001	
Error	8	150.8	18.85			
Total	14	2900				

**Elaborado por:** El Autor.

En la Tabla 15 se presentan los resultados obtenidos en el análisis de la varianza. Se observó que no hubo diferencias significativas en repeticiones mientras que en Tratamientos si hubo diferencias altamente significativas.

**Tabla 16.** Test de Tukey.

<b>Error: 1.455</b>	<b>Alfa = 0.05</b>	<b>DMS = 2.180</b>	
Tratamientos	Media	E.E.	
1	74.03	1.94	A
2	41.26	1.94	C
3	61.55	1.94	B

**Elaborado por:** El Autor.

Al realizar Test de Tukey al 5 % de probabilidad en los promedios de los Tratamientos se determinó tres rangos de significación (A, B y C). El promedio general fue de 58.94 % y el coeficiente de variación determinado fue de 7.82 %

#### **4.3 Número de muestras por Tratamiento de papeles hidro sensibles**

Los promedios de la evaluación realizada en el número de muestras de papeles hidro sensibles se presentan en la Tabla 17, se observa que los promedios más bajo, fueron de 8.8 papeles del Tratamiento 3, mientras que el mejor promedio 10.2 papeles corresponde al Tratamiento 1, seguido del tratamiento 2 con 10 papeles.

**Tabla 17.** Promedio de número de papeles hidro sensibles por hectáreas.

Tratamientos	Repeticiones					$\bar{X}$	C.V
	R1	R2	R3	R4	R5		
T1	8	12	10	15	6	10	0.34
T2	16	10	9	7	8	10	0.35
T3	15	5	4	9	11	9	0.51

**Elaborado por:** El Autor.

En la Tabla 18 se presentan la cantidad de papeles hidro sensibles que se deben utilizar por tratamiento, se puede observar que mediante el porcentaje de error cambia el número de muestras a utilizar.

**Tabla 18.** Número de papeles por muestras

Tratamientos	T student	CV (%)	N° papeles	Error 5	Error 10	Error 15
T1	1.6759	34	51	129	32	14
T2	1.6759	35	50	137	34	15
T3	1.6839	51	44	295	73	32

**Elaborado por:** El Autor.

#### 4.4 Calculo de la eficiencia relativa

En la Tabla 19 se muestra que el Tratamiento 1 tiene una eficiencia mayor que los Tratamientos 2 y 3 con un 40 % más, pero no existe una diferencia significativa entre los Tratamientos 3 y 2.

**Tabla 19.** Eficiencia relativa

Tratamientos	Pro	N	S	Sx	Sx%	e	e %
T1	74.03	50	15.63	2.21	0.03	1.0	100
T2	41.26	50	21.94	3.1	0.08	0.59	59
T3	61.55	50	22.83	3.22	0.05	0.49	49

**Elaborado por:** El Autor.

#### 4.5 Análisis Económico

En la Tabla 20 se explica el costo de fumigación por medio de aguilón donde se calculó el costo por hora y por hectárea.

**Tabla 20.** Costo de fumigación con Aguilón.

<b>Costo y cálculo de Aplicación con aguilón</b>		
<b>Descripción Recursos</b>	<b>Precio hora</b>	<b>Precio Hectárea</b>
Tractor	USD 6.25	USD 1.45
Aguilón	USD 4.25	USD 0.99
Personal	USD 5.10	USD 1.16
Combustible	USD 3.08	USD 0.88
Reparaciones	USD 13.77	USD 0.56
Consumo de Agua	USD 1.80	USD 0.09
Varios	USD 14.06	USD 3.28
Ret. Empresarial 15%	USD 35.60	USD 8.30
<b>Σ</b>	<b>USD 83.91</b>	<b>USD 16.71</b>

**Elaborado por:** El Autor

En la Tabla 21 se muestran los precios de fumigación del dron, este precio se reduce si el área a fumigar es mayor de 20 hectáreas a 16 dólares por hectárea ya que la empresa reduce la rentabilidad en 3 dólares por hectárea.

**Tabla 21.** Costo de fumigación con Dron.

<b>Costo y cálculo de Aplicación con Dron</b>		
<b>Descripción Recursos</b>	<b>Precio hora</b>	<b>Precio Hectárea</b>
Dron	USD 4.00	USD 2.00
Personal	USD 5.10	USD 1.16
Energía	USD 2.47	USD 1.30
Reparaciones	USD 13.77	USD 0.60
Varios	USD 5.00	USD 1.50
Ret. Empresarial 15%	USD 25.80	USD 12.90
<b>Σ</b>	<b>USD 56.14</b>	<b>USD 19.46</b>

**Elaborado por:** El Autor.

## 5 DISCUSIÓN

En concordancia con los resultados obtenidos luego del análisis de los por tratamientos y en comparación con estudios realizados en temas similares de la presente investigación, se llegó a la conclusión que, para el primer Tratamiento (T1), que consistió en la fumigación de aguilón de una mezcla de fertilizantes líquidos, fungicidas e insecticidas con una velocidad correspondiente a 6 km/h, con la barra de distribución de fumigación situada a 0.60 m sobre un cultivo de soya, los resultados de 13.1 min/ha con 74 % de cobertura coinciden con los demostrado por Arboleda Endara y Massuh Defaz, (2014, p. 10), quienes obtuvieron un promedio de 15.5 minutos/ha con 80 % de cobertura en plantaciones de soya.

Referente a T2 y T3, la diferencia de velocidades resultó de vital importancia para disminuir los tiempos de vuelo, como se lo explica en la Tabla 10, donde la diferencia es de 0.2 minutos entre promedios.

Zamora y Rolando, (2019), en su estudio “Optimización del proceso de fumigación agrícola mediante la utilización de los drones”, obtuvo un promedio de 24.5 minutos, lo cual se asemeja a los 29.9 y 30.1 minutos presentados por T2 y T3, respectivamente.

En relación a la hipótesis principal, el recurso hídrico sí se vio disminuido con T2 y T3, quienes sólo necesitaron 14.7 y 18.7 litros/ha frente a los 200 litros necesarios con las fumigaciones con aguilón; sin embargo, el tiempo de aplicación fue inferior al requerido por T1, lo que claramente pone en desventaja al dron como método de fumigación.

Ramos (2016, p. 50), en su estudio Evaluación de volúmenes de agua en aplicación de herbicidas pre emergentes para control de malezas, usó volúmenes parecidos a los usados en este trabajo, con cantidades de 250 litros/ha, que demuestran la efectividad de los drones al momento de

economizar recursos hídricos en la agricultura de cambio que busca la sustentabilidad de los recursos a largo plazo.

## 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

- Este trabajo demuestra una mayor cobertura en la aplicación con aguilón con un 13 % más, debido a que para aplicar una hectárea con el método de aguilón se utilizan 200 litros de agua frente a 20 litros que utiliza un dron, en cuanto a consumo de agua el dron es un 90 % más eficiente que el aguilón y la concentración de ingrediente activo es mayor en el dron.
- El dron tiene una clara desventaja con el 50 % menos de productividad en función al tiempo de aplicación, esto se debe a la capacidad de agua que puede levantar y a la duración de la batería. Ya que el método tradicional de aplicación con aguilón está mejor optimizado.
- El método de fumigación con aguilón utiliza Diesel como combustible y genera contaminación ambiental por hidrocarburos, pero el método de fumigación con dron utiliza energía eléctrica para cargar sus baterías y es un recurso renovable con un nivel más bajo de contaminación ambiental.
- La aplicación con aguilón es más productiva en campo ya que la tecnología de este método se ha optimizado en el transcurso de los años, mientras que la aplicación con aguilón está en proceso de optimización.

## 6.2 Recomendaciones

- Promover la investigación de utilización de estos equipos en varios cultivos: Hortícolas, Frutales y Maderable. Ya que el siguiente paso sería medir el efecto en el cultivo.
- Motivar a las personas a aprovechar la tecnología utilizando los VANT o drones para optimizar los recursos logrando una productividad en el cultivo de soya.
- Replicar esta investigación en otras zonas para evaluar otras variables que pudieran interferir como, por ejemplo: vientos superiores a los 50 KM/h

## BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, I. J. M. (2016). *Manejo y uso eficiente del tamaño, uniformidad y distribución de la gota de pulverización en cultivo de soja (Glycine max L. Merrill)*. Recuperado de <http://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/478>
- Arboleda Endara, G. X., y Massuh Defaz, F. S. (2014). *Análisis de factibilidad del uso de Drones en las plantaciones bananeras de la Provincia de El Oro*. Recuperado de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/2860>
- Aquilla González, B. (2015). *Efectos colinesterasicos y contaminación del agua causados por el uso de plaguicidas en zonas agrícolas del cantón Santa Isabel*. Recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/21291>
- Blundo Canto, G. M., Giraldo Mendez, D. C., C, G., Álvarez-Toro, P., y Pérez, L. (2016). *Mapeo de Actores y Necesidades de Información Agroclimática en los Cultivos de Maíz y Frijol en sitios piloto - Colombia*. Recuperado de <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/71110>
- Campues, Q., y Joseeth, L. (2017). *Contaminación Ambiental por fumigación de las plantaciones florícolas y el Derecho al Buen Vivir de las personas de la comunidad Santo Domingo número 1, cantón*

*Cayambe, primer semestre del año 2016.* Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/9195>

Carrero Carvajal, D., Y Plazas, M. L. (2016). Evaluación del uso y gestión del recurso hídrico mediante el cálculo de la huella hídrica en el cultivo de plátano de la finca Villa Mariana en Puente Nacional, Santander. *Ingeniería Ambiental Y Sanitaria.* [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria/358](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/358)

Dji. (n.d.). DJI - The World Leader in Camera Drones/Quadcopters for Aerial Photography. Retrieved May 16, 2019, from DJI Official website: <https://www.dji.com/mg-1p>

Echeverría, V., y Luis, J. (2017). *Potencial productivo de líneas promisorias de soya(Glycine max)) en época seca, en la zona de Babahoyo - Ecuador.* (Tesis, Universidad de Guayaquil; Facultad de Ciencias para el Desarrollo.). Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/20300>

Echeverry Londoño, A. M., Ramirez Salinas, C. P., Quintero, E. (2011). *Estudio de factibilidad para una tienda especializada en la comercialización de productos a base de soya en la ciudad de pereira.* Recuperado de. <https://bdigital.uniquindio.edu.co/handle/001/3126>

Fisher; A. (1925. *Statistics Methods for Research Workers.* ANGRAU Central Library). Recupérate de

[http://www.haghigh.com/resources/materials/Statistical\\_Methods\\_for\\_Research\\_Workers.pdf](http://www.haghigh.com/resources/materials/Statistical_Methods_for_Research_Workers.pdf)

Gauicha, J., y Bolívar, E. (2015). *Contaminación ambiental por agroquímicos, formas de exposición e impactos en la salud de la población de la parroquia Sabanilla del cantón Celica*. Recuperado de <http://dspace.unl.edu.ec//handle/123456789/18853>

Giusiano, M. N. (2017). Drones agrícolas en el manejo sitio-especifico de malezas, análisis de beneficios económicos. Recuperado de <https://repositorio.uesiglo21.edu.ar/handle/ues21/14078>

Gómez-Gómez, R., González-Lutz, M. I., Agüero-Alvarado, R., Mexzón-Vargas, R., Herrera-Murillo, F., Rodríguez-Ruiz, A. M., ... Rodríguez-Ruiz, A. M. (2017). Cover crops knowledge and implementation willingness by producers of several crops. *Agronomía Mesoamericana*, 28(2), 489–497. <https://doi.org/10.15517/ma.v28i2.23403>

González, V., y Cristian, O. (2017). *Tecnologías bluetooth aplicadas al control de vehículos terrestres no tripulados para aspersión de agroquímicos*. (Tesis, Instituto Tecnológico de Colima). Recuperado de <https://dspace.itcolima.edu.mx//handle/123456789/724>

Herrera Vivas, P. P., Montenegro Ramos, O., y Camacho Tamayo, J. H. (2018). *Manejo y calibración de aspersoras para la aplicación de*

agroquímicos. Recuperado de. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CO2019014504>

Huayamave, P., y Carolina, P. (2016). *Efecto de aplicación de dos fertilizantes a base de fosfito de potasio en el cultivo de soya Glycine max L. Merrill.* Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/9559>

Ibarra, P., y Alberto, J. (2016). *Implementación de un sistema de comunicación inalámbrico entre un UAV/RPA con su estación terrena para la transmisión de imágenes térmicas en tiempo real y su utilización en el control de incendios.* Recuperado de. <http://repositorio.puce.edu.ec:80/xmlui/handle/22000/12152>

Irizo, L. de T., y Jesús, P. (2018). Estudio de cobertura de una red de sensores inalámbricos usando distintos tipos de antenas. Recuperado de. <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/85831>

Kershaw, J. A., Ducey, M. J., Beers, T. W., y Husch, B. (2016). Integrating remote sensing in forest inventory. In J. W. & Sons (Ed.), *Forest Mensuration* (Fifth edit, pp. 429–454). Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118902028.ch13>

León, Q., y Stevens, G. (2017). *Mitigación del impacto ambiental en el sector bananero con la implementación de drones para la aerotomización.* Recuperado de. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/11691>

León, S. de V., y Vicente, A. (2017). *Potencial productivo de líneas promisorias de soya(Glycine max)) en época seca, en la zona de Quevedo - Ecuador* (Tesis, Universidad de Guayaquil; Facultad de Ciencias para el Desarrollo.). Recuperado de. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/20386>

Leyva, C. S., Ortiz, A., y Valdivié, M. (2007). Producción sostenible de carne de ovinos a partir de la harina del fruto y la hoja del árbol del pan (Artocarpus altilis). *Pastos Y Forrajes*, 30(3), 1–1.

Llenderal, A. (2018). *Spatio-temporal variations in nutrient concentration in soil solution under greenhouse tomato*. (Tesis Doctoral). Recuperado de. <file:///C:/Users/ByronJenaro/Desktop/articulos%20pila/Spatio%20temporal%20variations%20in%20nutrient%20concentration%20in%20soil%20solution%20under%20greenhouse%20tomato.pdf>

Llumipanta, E., y Armando, N. (2015). *Desarrollo de un Sistema de Información Geográfica que permita la gestión integral de los cultivos de palma aceitera a través de la aplicación de sistemas de agricultura de precisión*. Recuperado de. <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/4224>

Mapsa S.A de C.V. (2018). *Maquinaria y Refacciones Mapsa*. Recuperado de <https://www.mapsacatalogo.com/aviso/aviso-de-privacidad-maquinariayrefacciones.pdf>

Márquez, M., y Valeria, M. (2018). Comportamiento de diferentes variedades de soya en la granja santa Inés Universidad Técnica de Machala. Recuperado de. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/12432>

Montero, P., y Frijoth, V. (2018). *Estabilidad de líneas de Soya (Glycine max L. Merrill) y su contribución a la sustentabilidad del cultivo en el Ecuador. Universidad Nacional Agraria La Molina.* Recuperado de. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3636>

Montoya, D. F., y Villalba G., D. A. (2015). *Evaluación física de las aplicaciones con diferentes equipos de aspersion para el manejo de la broca.* Recuperado de <http://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/530>

Núñez, T., y Ricardo, M. (2017). *Diseño e implementación de un drone autónomo para el monitoreo de una red WSN de sensores meteorológicos utilizando dispositivos XBee para transmisión de datos en la ESPOCH.* Recuperado de. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6526>

Parra Gaviria, D. A. (2017). *Sistema multiagente para el manejo óptimo de un cultivo empleando la metodología Prometheus.* (Masters, Universidad Autónoma de Nuevo León). Recuperado de. <http://eprints.uanl.mx/14416/>

Ramos López, F. R. (2016). *Evaluación de volúmenes de agua en aplicación de herbicidas pre emergentes para control de malezas en (Saccharum officinarum L.) Finca Cristóbal, Ingenio La Unión S.A. (Other, Universidad de San Carlos de Guatemala)*. Recuperado de. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/5311/>

Rodríguez, P., y Arturo, E. (2018). *Sistema informático con dispositivo aéreo para realizar el proceso de fumigación en la ciudad de Tulcán*. Recuperado de. <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/8952>

Rodríguez Sperat, R., y Jara, C. E. (2013). Más allá del productivismo capitalista: eficiencia y agricultura familiar en la reactualización de viejos debates teóricos de los estudios agrarios. Recuperado de. <http://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/37650>

Ruíz, J., y Narciza, S. (2008). Producción y comercialización de productos de soya. Recuperado de. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7660>

Sánchez Tovar, L., Jurado, L., Brasileiro, S., y Dilma, M. (2013). Después del trabajo ¿qué significado tiene el ocio, el tiempo libre y la salud? *Paradigma*, 34(1), 031–051.

Sarcos, F., y Antonio, J. (2015). Prototipo de robot semiautónomo especializado en fumigación agrícola bajo la tecnología Arduino. Recuperado de <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/2438>

Smith, A. (2016). Reducing air and water pollutants in precision agriculture using robotic system. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.13039/501100000780>

Soria; F. (2014). *Calibración de equipo de aspersión para ahorrar tiempo y dinero. SCAN Guatemala*. Recuperado de <http://scanprogram.org/wp-content/uploads/2012/08/Doc-10-Calibraci%C3%B3n-de-equipos-Full.pdf>.

Tacuri Auquilla, J. P., y Olmedo Carrillo, W. J. (2019). *Implementación de un dron anticollisiones capaz de seguir una trayectoria pre establecida para la elaboración de un mapa de la tasa de ocupación vegetal en una zona*. Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10898>

Vinces, V., y Carolina, L. (2015). *Evaluación agronómica de líneas F6 de soya (Glycine max (L) Merrill) provenientes de cruzamientos simples en la Zona de Taura provincia del Guayas* (Tesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Agrarias). Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/7348>

Zamora, N., y Rolando, J. (2019). Optimización del proceso de fumigación agrícola mediante la utilización de los drones. Recuperado de <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3708>

# **ANEXOS**

### Anexo 1. Mapeo del predio.



Elaborado por: El Autor.

### Anexo 2. Parámetros de vuelo.



Elaborado por: El Autor.

### Anexo 3. Papeles hidro sensibles.



Elaborado por: El Autor.

### Anexo 4. Distribución de papeles hidro sensibles



Elaborado por: El Autor.

**Anexo 5. Productos a aplicar.**



**Elaborado por: El Autor.**

**Anexo 6. Mezcal de productos.**



**Elaborado por: El Autor.**

**Anexo 7.** Aplicación con dron.



**Elaborado por:** El Autor.

**Anexo 8.** Aplicación con aguilón.



**Elaborado por:** El Autor.

**Anexo 9. Recolección de papeles.**



**Elaborado por: El Autor.**

**Anexo 10. Cobertura.**



**Elaborado por: El Autor.**



**Presidencia  
de la República  
del Ecuador**



**Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes**



**SENESCYT**  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

## **DECLARACIÓN Y UTORIZACIÓN**

Yo, **Pila Murillo Geovanny Francisco**, con C.C: # **1717983306** autor del Trabajo de Titulación: **Evaluación de la eficiencia de aplicación de dos diferentes métodos de Fumigación, mediante Dron vs aplicación con Aguilón en el cultivo de soya**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Agropecuario** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **09 de septiembre del 2019**

---

Nombre: **Pila Murillo Geovanny Francisco**

C.C: **1717983306**



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



SENESCYT  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

## **REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

### **FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN**

<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	Evaluación de la eficiencia de aplicación de dos diferentes métodos de Fumigación, mediante Dron vs aplicación con Aguilón en el cultivo de soya.		
<b>AUTOR(ES)</b>	Pila Murillo Geovanny Francisco		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. Triana Tomalá Ángel Antonio, M.Sc.		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Educación Técnica Para El Desarrollo.		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería Agropecuaria		
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero Agropecuario		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	<b>09 de septiembre del 2019</b>	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	<b>65</b>
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Drones, de fumigación		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Fumigación agrícola, Drones, Estudio de tiempo.		
<b>RESUMEN/ABSTRACT:</b>	<p>La presente investigación plantea la eficiencia de dos diferentes métodos de Fumigación, mediante VANT o dron Vs. aplicación tradicional Aguilón, la finalidad de este Trabajo de Titulación se basa en demostrar que mediante la implementación de este nuevo sistema se puede evitar el mal uso del agua, mejor eficiencia en cobertura de fumigado en menor tiempo. El Trabajo de Titulación se lo realizó en la provincia de Los Ríos, en la cabecera cantonal Mocache, en el predio los Colones que se encuentra en la Vía Aguas Frías de Medellín. Se realizó mediante un Diseño Completamente Aleatorio Monofactorial, se contrastaron 3 Tratamientos con 5 repeticiones, dando un total de 15 Unidades Experimentales. El área que se trato fue de 10 000 donde se encontraba sembrado soya (Glycine max) con edad fenológica de 45 días, se procedió a distribuir aleatoriamente papeles Hidro sensibles para medir el nivel de cobertura y se tomó el tiempo de aplicación por hectárea. Mediante el programa de Adobe Photoshop® se determinó la cantidad de pixeles que fueron marcados con el agua en los papeles hidro sensible y se tomó como referencia a un cuadro de color negro para establecer un rango de pixeles por y calcular el porcentaje de cobertura se octavo como conclusión que el aguilón tuvo más cobertura en menor tiempo que los drones, pero el porcentaje de ingrediente activo tiene un 90 % más de concentración.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> 593-0959704608	<b>E-mail:</b> gfpila@gmail.com	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::</b>	<b>Nombre:</b> Ing. Noelia Caicedo Coello, M.Sc		
	<b>Teléfono:</b> +593 987361675		
	<b>noelia.caicedo@cu.ucsg.edu.ec</b>		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			