

**IMPLEMENTACIÓN DE DRONES PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD  
EN EL AGRO COLOMBIANO**

**Juan Manuel Garzón**

**Federico Luque**

**Colegio de Estudios Superiores de Administración –CESA–**

**Administración de empresas**

**Bogotá**

**2018**

**IMPLEMENTACIÓN DE DRONES PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD  
EN EL AGRO COLOMBIANO**

**Juan Manuel Garzón**

**Federico Luque**

**Director:**

**José Roberto Acosta**

**Colegio de Estudios Superiores de Administración –CESA–**

**Administración de empresas**

**Bogotá**

**2018**

## Tabla de Contenido

Resumen.....	5
Introducción .....	7
1. Revisión Literaria.....	10
1.1 Dificultades en la productividad del sector agrícola colombiano.....	12
1.1.1 Sobrecosto de fertilizantes. ....	12
1.1.2 Uso de tierras. ....	13
1.1.3 Infraestructura. ....	13
1.1.4 Innovación tecnológica. ....	14
1.1.5 Costos de mano de obra .....	14
1.2 Comercio electrónico .....	15
1.3 GMO Genetically Modified Organisms.....	16
1.4 Análisis de información de los cultivos .....	17
1.5 Agricultura de precisión.....	18
1.5.1 Índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI).....	19
1.5.2 Diferenciadores clave para los drones .....	19
1.5.3 Relación de las características de los drones con los factores claves para la productividad agrícola en Colombia. ....	20
1.6 Comparativo: drones y método tradicional.....	23
1.7 Normativa legal de los drones.....	25

1.8 Metodología de la fumigación .....	26
2. Contexto general .....	29
2.1 Transición histórica del sistema agroindustrial en Colombia .....	30
2.1.1 Terreno en Colombia .....	32
2.1.2 Perspectiva política .....	33
2.2 Referencia con Ecuador .....	33
2.3 Creación de capacidades .....	34
2.3.1 Monitoreo de vehículos aéreos no tripulados .....	34
2.3.2 Fumigación con vehículos aéreos no tripulados (temas no económicos) .....	36
2.3.3 Exigencia de regulaciones.....	37
2.3.4 Fumigación con vehículos aéreos no tripulados en Colombia.....	38
3. Metodología de la investigación .....	39
4. Resultados Obtenidos.....	41
4.1 Encuestados.....	41
5. Conclusiones y recomendaciones .....	48
6. Bibliografía .....	50

## Tabla de Tablas

Tabla 1: Aporte del sector agrícola al producto interno bruto nacional (PIB).....	11
Tabla 2: Comparativo Agrodrones y método tradicional. ....	23
Tabla 3: Perfiles de encuestados .....	39

## Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1: Tipo de terreno en cultivos. ....	42
Ilustración 2: Tamaño de cultivos.....	42
Ilustración 3: Método de fumigación.....	43
Ilustración 4: Tiempo de fumigación para 1 hectárea.....	43
Ilustración 5: Número de personas para fumigar 1 hectárea.....	44
Ilustración 6: Problemas de la Mano de Obra.....	45
Ilustración 7: Importancia de fumigación en cadena de producción. ....	45
Ilustración 8: Disposición de agricultores para obtener un mejor servicio.....	46
Ilustración 9: Disposición para contratar análisis fotográfico. ....	47

## Tabla de Anexos

Anexo 1: Carta director de trabajo de grado .....	54
Anexo 2: Modelo de carta información para base de datos de rpas de la UAEAC. ....	55
Anexo 3: Modelo de carta solicitud de permiso para operación rpas ante la UAEAC.....	60
Anexo 4: Tabla resumen para efectuar manual de operaciones de RPAS .....	64
Anexo 5: Encuesta sobre Fumigación y Monitoreo en cultivos a agricultores colombianos. .	71

## Resumen

Este artículo busca describir la situación en la que se encuentra Colombia respecto a los métodos de fumigación de los agricultores y las diferentes alternativas de monitoreo de cultivos. Lo que se encontró a grandes riesgos es que en Colombia hay dos métodos para fumigar que cubren dos necesidades completamente opuestas. Para el monitoreo de los cultivos no existe ningún servicio tecnológico disponible para los agricultores y por esto es que actualmente los agricultores no pueden tomar decisiones informadas para intervenir sus cultivos.

El objetivo general de esta investigación es mostrar la viabilidad y los beneficios de monitorear y fumigar cultivos con vehículos aéreos no tripulados. Para poder llegar a demostrar esto, primero se va a entender la transición histórica agrícola en Colombia e identificar los factores más importantes en la productividad de este sector productivo en el país. En cuanto a los drones, se van a identificar sus diferenciadores claves y como estos pueden llegar a relacionarse con los factores claves de productividad anteriormente identificados. Finalmente se van a comparar los beneficios y costos entre los drones y los métodos tradicionales de fumigación en Colombia para encontrar la rentabilidad de los drones sobre los métodos tradicionales. Como recomendaciones de implementación se van a describir las implicaciones legales de operar vehículos aéreos no tripulados y sus necesarios trámites ante la Aero Civil.

Para identificar el perfil, las necesidades y los métodos actuales de fumigación y monitoreo de los agricultores colombianos, se encuestaron a diferentes agricultores que pudieran representar las diferentes zonas geográficas del país. Con la información obtenida se pudieron

comparar los métodos de fumigación con los propuestos de los drones y así demostrar la viabilidad de esta tecnología en Colombia. A pesar de que existe la necesidad de métodos de fumigación más eficientes e implementar métodos de monitoreo de cultivos, hace falta mucho camino para ver implementadas estas tecnologías en el agro colombiano.

## Introducción

El aprovechamiento del potencial agrícola ha sido deficiente en muchos países latinoamericanos, por diversos problemas y obstáculos, muchos de ellos ligados a la ineficiencia tecnológica y a procesos obsoletos. Para el caso colombiano hay un manejo de tierras poco equitativo y con una intervención del Estado casi mínima históricamente, lo que conlleva a largos periodos de violencia en las zonas rurales del país y de esta manera dificulta la productividad de diferentes materias primas. El aprovechamiento de las tierras productivas es mínimo en Colombia, con índices muy parecidos a los países latinoamericanos, lo que demuestra que es un problema de casi todo nuestro continente suramericano.

El monitoreo y la fumigación de cultivos a través de vehículos aéreos han tratado de ser una alternativa para mejorar la productividad agrícola a través de la toma de fotografías para examinar los terrenos y a través de la fumigación, sin embargo, los costos han sido muy elevados y los resultados no siempre son los esperados ya que, para el caso de la fumigación, ambientalmente es riesgoso debido a la contaminación de otros ecosistemas y seres vivos y para el caso del monitoreo la calidad de imagen no es la adecuada para muchos casos. Es por esto que a través de la agricultura de precisión se quiere optimizar los costos de estos procesos y aumentar su beneficio. Con vehículos aéreos no tripulados (drones) la fumigación puede realizarse de una forma mucho más controlada, disminuyendo enormemente el riesgo de contaminación de los ecosistemas y seres vivos de alrededor y aumentando la eficiencia del lugar exacto que se quiere fumigar, optimizando así los recursos que se requieren, además la toma de fotografías se puede realizar a una altura mínima lo que permite aumentar la calidad



de las imágenes y así poder tomar una decisión mucho más acertada para el tratamiento del cultivo.

Es por esto que la intervención del Estado es necesaria de una forma adecuada, no solo en términos de subsidios si no en capacitación técnica de los trabajadores, de un aprovechamiento mayor de la tierra agrícola y sin lugar a duda del uso de tecnología para optimizar costos y aumentar productividad.

A través del monitoreo y fumigación con vehículos aéreos no tripulados se optimiza una gran cantidad de costos de mano de obra, insumos y maquinaria, además la productividad del cultivo tiene una enorme incrementación lo que se traduce en ganancias y utilidades para el productor. Si bien la inversión inicial en este tipo de vehículos es alta, la reducción en costos a través de estos podría apalancar en su totalidad esa inversión.

¿Cómo mejorar la productividad agroindustrial en Colombia? ¿Qué posible tecnológica se puede implementar en Colombia para mejorar su productividad agroindustrial?

### **Hipótesis**

Con los vehículos aéreos no tripulados, concretamente los drones, su puede ayudar a la productividad de Colombia al mejorar la calidad de los cultivos y a ayudar a los agricultores a tomar mejores decisiones que ayuden a reducir sus costos.

Sin embargo, en Colombia hace falta tecnología para volver la agroindustria más competitiva en el mercado internacional. En Colombia existe una gran falencia tanto en el proceso agrícola como en el agroindustrial.

### **Objetivo general**

*Mostrar la viabilidad y los beneficios de monitorear y fumigar cultivos con vehículos aéreos no tripulados.*

### **Objetivos Específicos**

- Entender la transición histórica agrícola en Colombia
- Identificar los factores más importantes en la productividad agrícola en Colombia.
- Identificar los diferenciadores claves de los drones
- Relacionar las características de los drones con los factores claves para la productividad agrícola en Colombia.
- Comparar los beneficios y costos con otros medios de fumigación para saber la rentabilidad en Colombia.
- Entender las implicaciones legales para operar vehículos aéreos no tripulados en Colombia

## 1. Revisión Literaria

Se realizó un estudio a través de artículos e investigaciones académicas que fueron encontradas a través de las bases de datos académicas como EBSCO y Scopus. Seguido a esto se filtró la búsqueda de diferentes formas para obtener distintos resultados con palabras clave como productividad agroindustrial, fumigación y monitoreo de cultivos, eficiencia agrícola a través de la fumigación, entre otros.

Es completamente normal que, en Colombia, siempre haya esfuerzos por implementar nuevas tendencias y tecnologías en el agro para mejorar su productividad. Una de estas iniciativas más recientes es la de una adolescente de Boyacá (Revista Dinero, 2017) que por medio de una plataforma digital busca conectar a los grandes consumidores de las ciudades con los agricultores regionales para reemplazar a los intermediarios y grandes centros de abastos. La implementación de la tecnología en este caso es desde el lado de la comercialización y cumple su apoyo a la competitividad del agro en Colombia. Lo que se quiere en esta investigación es encontrar implementaciones innovadoras de tecnología en la agricultura desde el lado de la producción, claramente sin desmeritar el esfuerzo y la efectividad de otros lados como el de la plataforma mencionada que ayuda desde la comercialización. El ángulo investigativo de la producción no implica que éste sea el más efectivo o mejor que otros.

**Tabla 1: Aporte del sector agrícola al producto interno bruto nacional (PIB).**

Año	Variación % PIB País	Variación % PIB Agro	Aporte % Agro a PIB
2000	1,63	-2,09	7,9
2001	1,68	1,77	8,0
2002	2,50	4,55	8,1
2003	3,92	3,09	8,0
2004	5,33	2,98	7,9
2005	4,71	2,81	7,7
2006	6,70	2,37	7,4
2007	6,90	3,91	7,2
2008	3,55	-0,38	6,9
2009	1,65	-0,65	6,8
2010	3,97	0,19	6,5
2011	6,59	2,07	6,3
2012	4,05	2,47	6,2
2013	4,30	5,2	6,2

Fuente: Castaño, N., Cardona, M. (2014) «Factores determinantes en la inestabilidad del sector agrícola colombiano». Revista En Contexto (2014), Medellín, Colombia.

Según la tabla anterior podemos ver que el aporte del sector agrícola en Colombia es cada vez menor con el transcurso de los años. También vemos una fuerte volatilidad en la variación del PIB del sector agrícola en Colombia.

## 1.1 Dificultades en la productividad del sector agrícola colombiano.

La producción agrícola en Colombia se compone de dos fases principales, la primera está compuesta por la tierra, la mano de obra, la infraestructura y las técnicas de producción y es en donde se componen los costos de producción y los recursos necesarios a utilizar (Castaño, N. Cardona, M., 2014). La segunda fase se compone de la comercialización del producto con un valor que compita con los precios del mercado interno y de los internacionales, sin embargo, el desequilibrio entre la primera fase y segunda fase es recurrente en el sector agrícola colombiano, pues para 2015 la baja productividad y los altos costos de producción limitaban la competitividad del sector y eran la principal barrera para el desarrollo de su potencial (Castaño, N. Cardona, M., 2014).

### 1.1.1 Sobrecosto de fertilizantes.

La mayoría del territorio colombiano no es favorable para la producción competitiva del sector agrícola, por lo que gran parte del territorio presenta suelos con alta acidez a lo que se le debe combatir con diferentes tipos de fertilizantes (Castaño, N. Cardona, M., 2014).

Colombia es uno de los países que más cantidad de fertilizantes usa por hectárea en el mundo, entre 2009 y 2013 se usaron 575.3 toneladas de fertilizantes por hectárea cultivable en el país, lo que refleja la alta incidencia de estos en el desarrollo de la productividad agrícola colombiana (Castaño, N. Cardona, M., 2014).

Además, los precios de los fertilizantes en Colombia representan entre un 15% y 30% de los costos de producción en los principales cultivos del país como por ejemplo el café, algodón, azúcar, papa, maíz, entre otros y sumado a esto la mayoría de fertilizantes que se usan en los principales cultivos del país son importados (Castaño, N. Cardona, M., 2014).

### 1.1.2 Uso de tierras.

El desaprovechamiento del uso de tierras en Colombia es uno de los principales problemas del sector agrícola, pues es uno de los países con mayor potencial de expansión agrícola en el mundo, este potencial de crecimiento se estima en 10 millones de hectáreas en las que se encuentran actividades agrícolas de baja productividad como la ganadería en ciertas zonas y la tenencia de tierras por parte de personas al margen de la ley (Castaño, N. Cardona, M., 2014).

Por otro lado, las tierras fértiles de gran potencial son desaprovechadas en gran parte por negocios de ganadería poco tecnificados y de baja productividad por lo que el acceso a este tipo de tierras es muy difícil (Castaño, N. Cardona, M., 2014).

### 1.1.3 Infraestructura.

Uno de los factores que también dificulta el desarrollo del sector agrícola en Colombia es su pobre infraestructura vial que no permite la adecuada movilización de los productos agropecuarios y además el mínimo desarrollo de las alternativas de transporte férreas y marítimas en el país, las vías primarias, secundarias y terciarias se encuentran en un estado precario y su inversión no ha sido lo suficientemente alta para el mejoramiento de estas por lo que los costos de transporte son bastante altos (Castaño, N. Cardona, M., 2014).

También cabe mencionar el factor de la pobre infraestructura para el manejo, control y aprovechamiento de aguas en el sector agrícola del país, pues el potencial de tierras irrigables en el país es cerca de 7 millones de hectáreas y tan solo 900 mil tienen sistemas de riego y drenaje con inversiones bastante altas (Castaño, N. Cardona, M., 2014).

#### 1.1.4 Innovación tecnológica.

La variable tecnológica toma mucha relevancia ya que es el principal medio para el mejoramiento de insumos, métodos y nuevas técnicas que aumenten la eficiencia, competitividad, calidad y productividad del sistema agrícola en Colombia, tanto el desarrollo de sistemas productivos como la productividad agropecuaria necesitan de un uso eficiente de los factores que los rodean por lo que el uso de la tecnología se vuelve indispensable (Castaño, N. Cardona, M., 2014).

Según el Ministerio de Agricultura y el Departamento Nacional de Planeación el uso de la tecnología es el único medio para poder incrementar rendimientos, reducir costos, aumentar competitividad y estabilizar el sector en el país (Castaño, N. Cardona, M., 2014).

#### 1.1.5 Costos de mano de obra

Después de la plantación de semillas en los terrenos sigue el mantenimiento y seguimiento del cultivo. En el caso de la producción del cacao en Colombia, concretamente en Santander, Arauca y Antioquia, se demuestra que al implementar nuevas tecnologías se aumenta la productividad al disminuir costos y aumentar ingresos. Para este caso (que se puede extrapolar al caso colombiano), el estudio determinó que el 55% de los costos del cacao son por parte de la mano de obra. En mayor detalle el 74% de los costos del segundo año de producción son las actividades de desyerbas y fitosanitarias. Además el segundo costo más grande de los cultivos son los insumos (fertilizantes orgánicos y químicos, fungicidas, herbicidas) (Fuentes Benítez, J. C., 2014). Estas actividades son las que pueden ser reemplazadas por tecnologías como la de drones para fumigar focalizada mente dada la información recolectada del monitoreo aéreo de las zonas que verdaderamente lo necesitan.

Una de las conclusiones del estudio es que la probabilidad de que los pequeños y medianos productores no adopten nuevas tecnologías es del 87%. Esto representa una fuerte tendencia de los agricultores de Colombia ante la implementación de nuevas tecnologías como los drones.

## 1.2 Comercio electrónico

Un estudio de la Universidad Militar Nueva Granada confirma la efectividad del comercio electrónico para favorecer los negocios del agro. Concretamente el estudio ratifica que la comercialización tradicional y actual en Colombia de productos agrícolas (agro y ganadería) no es eficiente porque debido a sus comisiones, hacen que el producto tenga un valor mucho mayor para el comprador final (Restrepo Alvarado, D. 2016). Es por esto que la implementación de la tecnología para desarrollar plataformas digitales como Apps y páginas web, logran la conexión entre el productor y el consumidor final sin importar su ubicación. Lo más importante de reemplazar los intermediarios a bajo costo (en muchos casos sin costo) logra dejar más utilidad en el campo para que éste a su vez pueda invertir más en su negocio, preferiblemente en tecnología para ser más eficiente.

Este tema llevado a responsabilidad estatal cabe dentro del proceso de implementación de las TIC en Colombia. Es por esto que un artículo ha estudiado la participación y promoción de las TIC en el sector agropecuario pero desde la perspectiva menos común, desde la perspectiva de las organizaciones. Concretamente la entidad pública colombiana Corpoica se encarga de desarrollar y ejecutar actividades de investigación, tecnológica y de transferencia de procesos de innovación tecnológica al sector agropecuario. Además promueve la Investigación + Desarrollo + Innovación (I+D+i). “La misión de Corpoica es contribuir al



cambio técnico para mejorar la productividad y competitividad del sector agropecuario colombiano y esto lo hace mediante la vinculación de su oferta tecnológica”. La gran conclusión del estudio realizado es que las TIC deben servir para que haya comunicación entre los productores agrícolas, los asistentes técnicos, los investigadores y los comercializadores para que se extiendan las implementaciones que han generado mayor productividad agrícola y genere innovación (Molano Bernal, LC. 2017). Para lograr estos avances en la integración de los productores agrícolas para mejorar la productividad gracias a la investigación e implementación de metodologías exitosas el gobierno tiene un gran reto de conectividad regional.

### 1.3 GMO Genetically Modified Organisms

Desde el principio de la cadena de los productos agrícolas, la solución más comercial y más masificada es la de semilla genéticamente modificada que aumenta la producción y convierte las plantas más resistentes para que la probabilidad de buena cosecha sea más alta. Desde este punto de la producción, se ha implementado biotecnología en el desarrollo agropecuario (Montenegro Gómez S. P., Hernández Ossa Y. K, 2015). De este estudio se determinó que la modificación genética de la semilla para la agricultura y de los embriones para ganadería, es la implementación tecnológica que mayor impacto tiene en la productividad de los mismos sectores. Esto es gracias a que se crean especies más resistentes, más productivas y que se adaptan a mayores variedades de terrenos. Entonces por un lado se mejora la producción ya existente y se habilitan terrenos no atractivos para la cosecha de cultivos y la cría de ganado porque se van a lograr buenos resultados con menos insumos (agua, pasto).

Una última conclusión del estudio determinó que en Colombia se están implementando especies modificadas para otros países y que a pesar de que acá sirven bien, se pueden desarrollar más estudios y más investigación para producir especies con mayor aptitud a las necesidades locales y más coherente con las condiciones de terreno y clima de Colombia. Otro estudio realizado por la universidad de Manizales a pesar de concordar en la productividad que la semilla genéticamente modificada genera, exhibe la problemática en salud que produce en las poblaciones que se alimentan con este tipo de productos (Colorado, JE, 2015). Cabe aclarar que todo estas afirmaciones no están científicamente comprobadas entonces no se pueden generalizar.

#### 1.4 Análisis de información de los cultivos

Uno de las soluciones propuestas para identificar integralmente la productividad del agro (agricultura y ganadería) es un sistema electrónico que recolecta información de humedad y temperatura de los suelos donde se tiene la actividad por medio de sensores especializados (García Sales D..., 2016). Después de que el sensor arduino recolecte la información, ésta sea transferida a un software, se realizarán cálculos internos matemáticos. Estos cálculos buscan identificar la relación entre la temperatura y humedad del cultivo con la productividad de la siembra. Este proyecto tecnológico ayuda a cualquier agricultor y lo ayuda concretamente a predecir, gracias al algoritmo la calidad de la cosecha dada la humedad y la temperatura de la siembra. Esto es útil para saber si se debe aumentar la fumigación o el riego para llegar al mayor potencial del cultivo. Entonces con esto llegamos a la limitación del proyecto porque en dado caso que se necesite implementar más riego o más fumigación hay que recurrir a los

métodos tradicionales que siguen siendo ineficientes, pero no se puede desmeritar y apreciar el avance que esto genera en la agricultura.

### 1.5 Agricultura de precisión

Debemos entender la agricultura de precisión como el manejo específico de un área de cultivo, para llegar a esto se utilizan herramientas tecnológicas como el posicionamiento global, maquinaria de riego, fertilizantes, sensores climatológicos de cultivo y últimamente drones. Estas herramientas en conjunto deben realizar un proceso de recolección de información que permita tomar decisiones de manejo y que se obtengan los beneficios económicos buscados que se resumen en tres criterios para que esto se cumpla (González A., Amarillo G., Sarmiento F., Amarillo M, 2015):

- 1 Que los diferentes factores dentro del área de cultivo influyan en la producción final.
- 2 Que las causas de los diferentes factores dentro del área de cultivo puedan ser afectadas.
- 3 Que la información obtenida sea realmente útil y mejore las prácticas de manejo y la productividad del cultivo.

Los mapas de producción son de suma importancia cuando hablamos de agricultura de precisión ya que, por medio de herramientas tecnológicas y diversos métodos con el uso de drones, es posible definir las diferentes áreas de cultivo que presentan una adecuada producción y también las que tienen diversos problemas y necesitan ayuda (González A., Amarillo G., Sarmiento F., Amarillo M, 2015).

### 1.5.1 Índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI)

El número de agricultores que confían y vienen usando la agricultura de precisión y drones es cada vez mayor ya que la obtención de información acerca de sus cultivos es bastante grande y ayuda a la toma de decisiones sin tener que estar en contacto directo con la vegetación (González A., Amarillo G., Sarmiento F., Amarillo M, 2015).

El índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI) se usa para estimar la calidad, cantidad y desarrollo de la vegetación, con base en la intensidad de radiación que refleja la vegetación a través de las imágenes capturadas (González A., Amarillo G., Sarmiento F., Amarillo M, 2015). El NDVI se utiliza en todas partes del mundo para hacer seguimiento de sequías, supervisar y tratar de predecir la producción agrícola del cultivo de acuerdo a la condiciones en las que se encuentre. También se usa la Radiación Electromagnética (REM) para determinar el estado de la vegetación y los cultivos a través de un sistema infrarrojo.

### 1.5.2 Diferenciadores clave para los drones

De acuerdo con la compañía Agrotech (compañía de drones que va a suministrar los equipos y experiencia en dado caso en que este modelo de negocio sea viable y puesto en marcha) los beneficios de los drones en comparación con los métodos de fumigación tradicional con enormes. Principalmente en países en donde la formalización laboral de los agricultores es obligatoria, los beneficios en costos a la hora de fumigar con drones son altos. En estos países un trabajador, así sea fumigador u operario de la maquinaria que fumiga, debe tener un salario regulado, cobertura de salud específica y una cobertura por ser un trabajo de alto riesgo. Cuando se refieren a un trabajo de alto riesgo, se refieren no solo al riesgo operacional de la máquina, sino al riesgo de la salud por estar operando justo en donde se está aplicando el producto (tóxico para el ser humano). Este se convierte en la segunda característica

importante de los drones, no vulneran la salud de los operarios porque no hay ningún operador efectuando la fumigación, el único operario está desde el puesto de control en donde maneja el dron (alejado de la zona de fumigación). Esta característica no solo aplica a los operadores, sino a las personas que viven justo al lado de los cultivos porque el dron al ser un mecanismo de fumigación de precisión, solo afecta a las matas deseadas de ser fumigadas, no permite que el producto “vuele” fácilmente por el ambiente. La explicación técnica de este beneficio según Agrotech, es la presión con la que los aspersores del dron trabajan y la posición con la que fumiga sobre la plantación. En cultivos muy grandes y vecinos de comunidades, se logra evitar la contaminación en las personas de las comunidades gracias a estos drones de precisión. Finalmente, una de las características más importantes a nivel técnico, es el nivel de impacto deseado a la hora de fumigar. Los drones de precisión a diferencia de los métodos tradicionales de fumigación, si pueden graduar si presión y posición a la hora de fumigar cultivos y así afectar de forma personalizada las matas dependiendo de la necesidad.

### 1.5.3 Relación de las características de los drones con los factores claves para la productividad agrícola en Colombia.

Como hemos venido mencionando, los factores clave para la productividad agrícola en Colombia son principalmente los costos de producción, mano de obra, infraestructura, sobre costo en fertilizantes, uso de tierras, innovación tecnológica, ente otros.

- Costos de producción (sobrecosto en fertilizantes): A través de este estudio hemos podido ver que los costos de producción se basan en la cantidad de recursos adicionales para el mantenimiento, siembra y desarrollo de los cultivos. Recursos

como agua, abono, fertilizantes y fungicidas son solo algunos de los recursos que se disparan en costo, ya que se le aplica a la totalidad del cultivo y no en sectores focalizados. Es aquí cuando el Dron entra en juego, ya que a través de la teledetección agrícola (imágenes) se llega a saber exactamente el estado del cultivo, para ello se usan diferentes tipos de cámaras que permiten saber el estado de cada uno de los sectores del cultivo y es algo que a simple vista no se puede notar. Existen diferentes tipos de cámaras con las siguientes características:

Canon S110 NIR: Permite observar una alta reflectancia de la planta, obtiene datos de imagen en la banda infrarroja cercana (González, Amarillo y Sarmiento, 2015).

Canon S110 RE: La reflectancia de la planta pasa de baja a alta, obtiene datos en la banda roja (González, Amarillo y Sarmiento, 2015).

Canon S110 RGB: Obtiene datos normales de imagen del espectro visible (González, Amarillo y Sarmiento, 2015).

A este tipo de cámaras se le puede instalar diferentes tipos de sensores que permiten determinar la temperatura de los diferentes sectores del cultivo, el cambio del cultivo en un determinado tiempo, salud del cultivo en diferentes aspectos, rastrear el Dron en tiempo real, entre otros.

A partir de esta toma de imágenes con Drones y sus diferentes aplicativos según la cámara usada se pueden tomar decisiones a partir del análisis de las imágenes, las cuales muestran el estado del cultivo por sector y permite determinar qué cantidad de recursos se deben utilizar para cada uno de los sectores del cultivo, es aquí en donde los costos de producción empiezan a optimizarse.

Por otro lado, si lo comparamos con la fumigación y monitoreo de un Vehículo Aéreo Tripulado que necesita combustible y mano de obra para llevar a cabo la operación los costos son mucho más altos en comparación al uso de un Dron.

- Mano de obra: A partir del uso de Drones en el cultivo, el uso de mano de obra se reduce ya que el monitoreo y fumigación del cultivo tradicionalmente se viene haciendo a mano lo que obliga a una constante intervención del ser humano y toma largos periodos de tiempo según el tamaño del cultivo, además son varios los trabajadores que se necesitan si se quiere agilizar el tiempo de fumigación y de monitoreo al cultivo, esta optimización de tiempo la puede realizar el Dron ya que es capaz de trabajar las 24 horas a un menor costo.
- Infraestructura: Si bien el país tiene una ineficiencia vial bastante grande y el acceso a determinadas zonas del país es precario, el Dron puede ser visto como un vehículo de fácil acceso ya que su fácil uso y tamaño le permite entrar casi que a cualquier lugar por vía aérea, en las épocas de invierno la gran parte de maquinaria empieza a tener problemas de acceso en donde el Dron es muy útil ya que no tiene contacto alguno con el suelo y puede seguir cumpliendo las labores sin ningún contratiempo.
- Innovación Tecnológica: El uso de Drones en la agricultura es una innovación tecnológica que no ha tomado un impacto significativo en Colombia, sus beneficios en optimización de recursos, mayor eficiencia, mayor productividad, mejor monitoreo de cultivos, mayor capacidad de fumigación, son solo algunos de los beneficios que este tipo de Vehículos Aéreos No Tripulados traen. A partir del uso de estos, se le abre camino a las innovaciones futuras, como lo vienen siendo los vehículos terrestres no tripulados que permiten una eficiencia y productividad aún mayor.

- Uso de tierras: El desaprovechamiento de tierras y el inadecuado uso de tierras en Colombia es bastante grande como lo hemos visto anteriormente, gran parte de este fenómeno es que los elevados costos para la adecuación de la tierra no permite que esta sea usada correctamente, y el desaprovechamiento de tierras se debe en gran parte a la falta de recursos, es por esto que a partir de la optimización de costos de producción por medio de Drones se pueden empezar a destinar esos recursos para un mejor aprovechamiento de tierras y un uso adecuado de estas con los recursos necesarios.

### 1.6 Comparativo: drones y método tradicional

Para este ejercicio de comparar las características de los drones con las motobombas tradicionales que se usan para fumigar, se va a usar el siguiente cuadro como apoyo:

**Tabla 2: Comparativo Agrodrones y método tradicional.**

	Agrodrones				Bomba Diésel para fumigar
<b>Capacidad tanque</b>	10L	15L	20L	30L	Ilimitada
<b>Precio cop</b>	24,900,000	27,900,000	31,500,000	39,000,000	1,500,000
<b>Peso</b>	10 KG	13 KG	16 KG	20 K	Estacionaria
<b>Batería</b>	16000 mah	16000 mah	22000 mah	30000 mah	Diésel 5 HP



<b>Tiempo de vuelo / tanqueada</b>	20 min / 2 pilas	20 min / 2 pilas	35 min / 2 pilas	35 min / 2 pilas	8 h / galón
<b>Eficiencia aspersor</b>	4 ha./h	6 ha./h	10 ha./h	12 ha./h	0.56 ha/h
<b>Operario</b>	1	1	1	1	12

Fuente: Elaboración propia con información del proveedor Agrotech y agricultores de Cundinamarca. Para la elaboración de esta tabla se usó la información proporcionada por el proveedor e información suministrada en la entrevista realizada a Oscar Garzón y su equipo de apoyo (agricultores de papa y zanahoria). Evidentemente es la única característica en la que la bomba diésel usada para fumigar tradicionalmente es en su costo inicial y de operación.

El costo de operación de la bomba diésel es mínimo en cuanto a combustible para operar comparado con las del costo de las baterías recargables necesarias para volar el dron y necesarias para completar la fumigación del cultivo. Para concluir, la inversión inicial de los drones es hasta 26 veces más alta que la de una bomba tradicional pero la ineficiencia de la bomba tradicional hace que por cada hora se dejen de cubrir hasta 11 hectáreas y se incurran en costos de personal de cop 75.000 (cálculo hecho con base en información suministrada por Oscar Garzón y su cuantificación de procesos).

Es importante resaltar que el cálculo del costo de los trabajadores es basado en el precio de venta del producto que se esté cultivando y no incluye ninguna prestación social, ni afiliación a una entidad de salud, por lo que son precios informales y “baratos” según los agricultores. Si estas personas tuvieran un salario regulado y acorde a la ley laboral, los precios serían superiores y la necesidad de los agricultores por reemplazar este método tradicional y así evitar riesgos laborales.

## 1.7 Normativa legal de los drones

En Colombia los drones están dentro de la categoría de Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia – RPAS definido por la Aeronáutica Colombiana. Esta misma entidad, en su segunda circular relacionada con estas aeronaves describiendo sus reglamentos para Colombia, hace referencia a los requisitos de Aeronavegabilidad y Operaciones necesarias para obtener permiso de acuerdo a lo establecido en el numeral 4.25.8.2 de los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia – RAC. A continuación, hay un breve resumen de los permisos necesarios más importantes (Aeronáutica Civil, 2015):

- El dron o RPA debe cumplir una serie de requerimientos técnicos dentro de los cuales se establece que no puede tener hélices metálicas, debe contar con GPS, debe tener asistencia automatizada de vuelo y no puede tener piloto de vuelo autónomo.
- En cuando a las zonas en donde no puede volar se encuentran las zonas congestionadas con aeronaves tripuladas, no volar de noche, no volar cerca de aeropuertos y de figuras políticas públicas.
- Los RPAS deben tener información básica para ser registrados.
- El operador del RPA debe ser un piloto certificado, con su licencia vigente.
- Anexo 2: Modelo de carta información para base de datos de rpas de la UAEAC
- Anexo 3: Modelo de carta solicitud de permiso para operación rpas ante la UAEAC
- Anexo 4: Tabla resumen para efectuar manual de operaciones de RPAS.

## 1.8 Metodología de la fumigación

La metodología usada para la agricultura de precisión varía de acuerdo a la persona o empresa que realiza el procedimiento, sin embargo, la gran mayoría de métodos usados tienen tres fases primordiales que son la Operación, Pos proceso y Aplicación, a través de estas fases se logra encontrar las necesidades y problemáticas que tienen los cultivos y como poder prevenirlos (González A., Amarillo G., Sarmiento F., Amarillo M, 2015).

En la fase de Operación se define el área que se va a estudiar y se planifica el vuelo y la obtención de imágenes de la resolución necesaria para el cultivo a evaluar. Es muy importante tener el área definida por la cual se va a realizar el vuelo, ya que eso va a definir el tiempo, cantidad de información a capturar y los sensores y cámaras adecuadas que se deben usar (González A., Amarillo G., Sarmiento F., Amarillo M, 2015).

En la fase del Pos proceso se evalúan las imágenes previamente obtenidas en la fase de la Operación y se generan las imágenes NDVI para valorar el estado de los cultivos y poder realizar los mapas con los datos de mayor importancia para los agricultores y así poder llevar a cabo la toma de decisiones (González A., Amarillo G., Sarmiento F., Amarillo M, 2015).

Para la generación de las imágenes NDVI es muy importante tener la imagen en color verdadero para poder llevar a cabo un diagnóstico correcto de hoja por hoja de la vegetación que se está evaluando.

En la fase de Aplicación se actúa de acuerdo a la información que obtuvimos de los mapas, los cuales nos muestran los problemas que sufre la vegetación del cultivo y a partir de ellas se determina como se debe actuar con base a la rentabilidad y productividad del área que se está tratando lo cual es la finalidad a la que se quiere llegar (González A., Amarillo G., Sarmiento F., Amarillo M, 2015).

Históricamente las reformas agrícolas le han dado poca importancia al potencial que el mismo individuo agrícola puede brindar ya que los productores rurales pueden ser más eficientes y sustentables. Esto solo se puede lograr haciendo un uso adecuado de los recursos (Peña A., 2013). “la Reforma Agraria lo que ha demostrado es que la asignación de créditos en sumas grandes y financiamientos no son suficientes para lograr el desarrollo, más que esto se necesita convertir los campos en fábricas de producción agropecuaria, donde participen todos, los trabajadores rurales, productores agrícolas y la población” (Peña A., 2013). Este artículo da espacio a proponer que la forma de convertir el agro más productivo es por medio de tecnología. Esto solo se puede lograr si hay apoyo no únicamente económico del gobierno porque para poder aumentar la implementación de la tecnología en el campo se necesita de un capital humano con mejores capacidades que solo se van a lograr si la educación nacional mejora. Cabe resaltar que la productividad agrícola no depende únicamente del esfuerzo del gobierno, pero también de los agricultores por cada vez más invertir en tecnología y demás para poder tener mejores retornos. No se puede mantener la costumbre de solo extraerle los excedentes a los proyectos agrícolas sino también reinvertir en ellos.

Con el uso adecuado de las imágenes obtenidas a través de los drones se puede llegar a una radiografía casi exacta de los cultivos, identificando los problemas que no están permitiendo llevar a cabo una adecuada productividad y que a simple vista no son detectables, esto facilita la toma de decisiones en el menor tiempo posible y optimiza el uso de recursos agroquímicos y demás que se utilizan dentro del cultivo.

Es claro que actualmente el uso de la tecnología en el agro es necesario, ya que los sobrecostos, bajas producciones, y procedimientos obsoletos se presentan cuando la tecnología es inexistente. También, a través de ella se incrementa la rentabilidad del negocio

y se optimiza recursos y tiempos claves en la producción agrícola como lo hemos venido mencionando.

## 2. Contexto general

El crecimiento urbanístico ordenado debe ser parte integral del desarrollo económico en los países en desarrollo (PED), pero como Orlando Garzón lo menciona, no se ha evidenciado porque teóricamente deben insistir en formas más productivas en el sector agropecuario. (Garzón, 2017) Lo que pasa en los PED es que no organizan ni en uno ni en el otro y dejan que el crecimiento sea desordenado y sin estrategia. Por ejemplo, la migración del campo a la ciudad crece a un ritmo muy alto y cada vez más el campo está quedando con menos mano de obra calificada para trabajar en proyectos agrícolas.

Como lo explica Garzón, los textos de desarrollo económico de los PED resaltan la importancia de la producción agrícola y cómo ésta debe ser más productiva en riego, fumigación y cosechas para que la rentabilidad sea mayor y los ingresos sean mejor distribuidos. Para tener un mejor desarrollo agroindustrial, se debe “coordinar satisfactoriamente las alternativas para generar excedentes de mano de obra y de bienes agrícolas.

Es decir, las inyecciones de tecnología que implican menores requerimientos de mano de obra por unidad de superficie” (Garzón, 2017) Esto se debe materializar por la migración poblacional del campo a la ciudad y la necesidad de la rentabilidad en el campo. Se debe tener en cuenta que las implementaciones tecnológicas no tienen el mismo proceso en todas las regiones de Latinoamérica y se debe ajustar a cada país. Esto es un problema porque cuando se copia el modelo de desarrollo de los países con mayor desarrollo industrial y a la hora de implementarlo, no se tiene en cuenta la realidad agraria ni social del país. En Colombia el empresario opta una actitud de copia de tecnología que una actitud activa por

investigar y desarrollar nuevas tecnologías completamente enfocadas a las necesidades del país en cuanto a coyuntura social y terreno. (Garzón, 2017)

La adquisición de maquinaria ha disminuido en Colombia debido a su alto costo que no es soportada por los ingresos de los pequeños agricultores (Cortés, 2014).

Este fenómeno que altera la competitividad de los productores agrícolas, puede ser solucionado por maquinaria de mayor tecnología, que con especificaciones más concretas pueda ser respectivamente más baratas y ayuden a la productividad agrícola de cada campesino colombiano.

Colombia está enfrentada a grandes desafíos de productividad y de transporte de insumos para las cadenas agroindustriales (Peña y Petit, 2016). Uno de los grandes problemas que tiene la agroindustria en Colombia es el suministro de insumos para los cultivos. A la hora de aplicar los insumos a los cultivos en Colombia, la gran mayoría de agricultores lo hace de manera rudimentaria (personas transportando en las espaldas tanques y esparciéndolos mientras caminan por el cultivo). Otros más modernizados lo hacen con maquinaria agrícola.

## 2.1 Transición histórica del sistema agroindustrial en Colombia

Para tener un desarrollo agroindustrial y una adecuada transformación de este, es necesario evaluar la incidencia que tiene la agroindustria en su economía (Machado, 2002), es por esto que para el caso de un país como Colombia hay que detenerse en la pregunta y evaluar su potencial agrícola dada su riqueza hídrica, geográfica, mineral, entre otros. Al hacer este análisis para el caso colombiano en donde la disponibilidad de tierras y su tradicional producción rural son muestras de hacer de estas su principal motor de producción doméstico, además de ser este un elemento crucial dentro del comercio internacional, resulta de suma

importancia avanzar en la investigación de cómo explotar este sector para el desarrollo industrial y sobre todo teniendo en cuenta la riqueza agrícola que hay por explotar en Colombia (Machado, 2002).

Respecto a la inserción de la economía colombiana en mercados altamente competitivos con un uso eficiente de diferentes sistemas tecnológicos, presiones sobre el tipo de propiedad, relación entre el capital y el trabajo, concentración de la tierra, entre otros, obligan a Colombia a repensar su modelo de relación entre la estructura agraria y su desarrollo industrial para así tener una mejor adaptación a la economía mundial (Martínez y Morales, 2016).

Cabe tener en cuenta que el desarrollo y transformación tecnológica conlleva a cambios jerárquicos dentro del sector, también ocasionados por contextos históricos, relaciones de poder, desarrollo social, necesidades productivas, entre otros. Esto lleva como consecuencia a que en Colombia el sector agroindustrial ha tenido un proceso dinámico de estructuración, desestructuración y reestructuración lo que resulta compleja su investigación. En países como Colombia, es sumamente importante que el sector agroindustrial alcance niveles altos y constantes de dinamismo para que así logre apalancar la economía hacia producciones con mayor valor agregado a lo largo de su cadena agroindustrial (Martínez y Morales, 2016). Entra a jugar un tema de mucho debate como lo es la tenencia de la tierra en Colombia, si bien hubo una época importante de latifundio en el país, lo que concentra en gran cantidad la tierra y el producto pero que tiene defensores de este modelo como lo fue Michael Gutelman en 1978 quien aseguraba que lo importante era la tenencia de la tierra, su aprovechamiento y su captación del trabajo social en ella (Martínez y Morales, 2016).

También cabe resaltar no solo la tenencia de la tierra, sino el aprovechamiento de esta misma, ya que por ejemplo las regiones de la Amazonia y Orinoquia son las áreas menos habitadas,



siendo las dos regiones más extensas del país, por lo que la cifra de suelos no afectados no es alarmante ya que estos terrenos son casi vírgenes, sin embargo, la región del Caribe tiene las peores cifras ya que de los siete departamentos, seis se encuentran dentro de los diez departamentos con peor suelo del país lo que refleja que el aprovechamiento de la tierra no ha sido bueno (Martínez y Morales, 2016).

Por otro lado, el 28 por ciento del territorio colombiano registra algún tipo de problema en cuanto a calidad de suelo, consecuencia de un uso inadecuado de este o la falta de aprovechamiento de este mismo, es decir, en una cuarta parte del territorio colombiano se deben reestructurar las prácticas del uso del suelo (Martínez y Morales, 2016).

Podemos decir que la estructura agraria en Colombia se ha caracterizado principalmente por la tenencia de la tierra, mas no por su buen uso en una gran parte de su territorio, lo que se ha convertido en un obstáculo para la correcta explotación de la tierra y para el potenciamiento de esta misma a través del desarrollo industrial. (Martínez y Morales, 2016).

### 2.1.1 Terreno en Colombia

Colombia tiene 21 millón de hectáreas disponibles para la agricultura y para el 2015 solo 4,3 millones de hectáreas están siendo usadas para este propósito. Colombia tiene un gran potencial de crecimiento agrícola por su diversidad de climas y su oferta de suelos para la siembra de hortalizas y frutas (Gonzales y Salinas, 2015). Con los 4,3 millones de hectáreas usadas para la agricultura, el sector agro es el 6,2% del PIB según el DANE, el potencial que tiene el agro para aumentar el PIB es inmenso. Para poder usar el terreno disponible hace falta infraestructura y mecanismos de producción agrícola cada vez más independientes de la mano de obra. Además de tener todo el potencial para crecer, la agroindustria es el sector que

cuenta con mayores beneficios arancelarios contemplados dentro de los protocolos comerciales entre los países miembros a la alianza del pacífico. (Gonzales y Salinas, 2015)

### 2.1.2 Perspectiva política

En las últimas décadas, los gobiernos han desarrollado medidas de política económica para reactivar, diversificar y fortalecer el sector agropecuario favoreciendo el sector comercial sin la exigencia del productivo. Estas medidas de subsidio a la producción, demuestran que los gobiernos ven el problema de productividad agroindustrial como un problema aislado y por esto es que se crea una ilusión de que hay una mejora temporal, pero lo que en verdad ocasionan es un entorpecimiento al desarrollo agroindustrial. (Garzón, 2017)

## 2.2 Referencia con Ecuador

En Chile el sector agroindustrial es el que tiene mayor productividad y en donde la rentabilidad es menor. Por otro lado, el sector agrícola es el que tiene la más baja productividad, pero tiene la mejor rentabilidad. Adicionado a esto, el sector agrícola es el que tiene la menor remuneración por persona. La propuesta de Correa y Stumpo es primordialmente aumentar la productividad de sector agrícola para tener aún mejor rentabilidad y después integrarlo a al sector agroindustrial para que la ganancia sea conjunta. Esto quiere decir que una vez la materia prima de la agroindustria se produzca con mayor productividad, la transformación del producto va a dar más rentabilidad a los dos sectores (Correa y Stumpo, 2017). Este caso se puede comparar con Colombia porque el agro es el sector que tiene la menor remuneración y a pesar de que el sector agroindustrial tenga baja productividad es el que tiene mayor rentabilidad. Entonces se puede adoptar la idea de

integrar los dos sectores para mejorar la productividad de los dos y jalonar la rentabilidad del sector agrícola.

### 2.3 Creación de capacidades

Es importante ser conscientes de que para el uso de estos vehículos se debe tener una capacitación, si bien estos vehículos son relativamente fáciles de usar, es fundamental que los agricultores tengan una adecuada capacitación en su idioma local y tener apoyo técnico antes de comenzar su uso, también sobre la situación jurídica del uso de esta tecnología en el país (Evert J., 2016). Los desafíos técnicos son otra barrera importante a tener en cuenta, ya que los operadores de estos vehículos deben tener adecuado acceso a electricidad y facilidad para obtener repuestos del vehículo, además el procesamiento de datos presenta otra barrera ya que producir mapas, modelos 3D, y demás datos requiere un alto poder de computación, internet y datos móviles (Evert J., 2016). Los operadores, agricultores y cooperantes necesitarán desarrollar métodos de mantenimiento funcional para estos vehículos (Evert J., 2016).

#### 2.3.1 Monitoreo de vehículos aéreos no tripulados

La productividad agrícola puede ser mayor gracias a la implementación de tecnologías a la hora de monitorear y fumigar los cultivos. La implementación de monitoreo puede llegar a ser muy costosa, pero con un vehículo aéreo no tripulado (VANT), se puede lograr el mismo objetivo a bajo costo. Gracias al estudio realizado por Daniel Caballero en una finca de Estados Unidos de Norteamérica, se puede concluir que la agricultura de precisión aumenta la rentabilidad y disminuye los riesgos de los cultivos agrícolas. (Caballero, 2017) La

agricultura de precisión obtiene información detallada de los cultivos para hacer uso más eficiente del agua y de insumos agrícolas que posteriormente permite intervenirlos focalizadamente. La primera parte está compuesta por una cámara multispectral que captura fotos en infrarrojo para determinar el índice vegetativo de diferencia normalizada (NDVI), Normalized Difference Vegetation Index).

Del análisis de estos datos se puede determinar el nivel de humedad del suelo y el estado del cultivo. Cuando se identifican zonas puntuales con menor o mayor índice vegetativo que lo necesario para la plantación, se decide intervenir el cultivo con fumigación segmentada. Aquí entra la segunda parte de la agricultura de precisión, la fumigación focalizada dependiendo de las necesidades del cultivo. Para poder llevar a cabo la agricultura de precisión a bajo costo y mayor eficiencia se usan los VANT, concretamente los drones que son los más asequibles y maniobrables. En el estudio de Caballero, se logró determinar qué secciones del cultivo necesitaban aumentar la dosificación de riego y cuales estaban con exceso de agua. Al ajustar la cantidad de riego tecnificado se logró disminuir el uso de agua innecesario.

Adicionalmente se fumigaron únicamente las zonas del cultivo que necesitaban intervención, gastando menos de lo esperado. La segunda conclusión del estudio no se queda en los costos, pero en la pertinencia y lo acertado que es usar nuevos índices de la mano de tecnología para analizar los cultivos agrícolas. (Caballero, 2017).

En Colombia ha habido estudios con cámaras que permitan realizar análisis NDVI con resultados positivos sobre la información de las plantas y su necesidad específica de fumigación con pesticidas. La conclusión más importante de los resultados del estudio es que la gama de colores reconstruidos en las plantas, reflejan coherentemente el estado de la planta después de compararlo con pruebas en laboratorios. (Jiménez, Jiménez y Pérez, 2013). Los estudios se realizaron en laboratorios por temas de portabilidad de las cámaras lo que permite

sugerir que la capacidad de análisis fue demorada por temas de recolección de muestras y procedimientos de laboratorio. Con drones se puede monitorear el cultivo completo y con el software adecuado, se puede tener resultados en muy poco tiempo, beneficio para el cultivador para poder tomar decisiones con mayor información en menos tiempo.

Por otro lado, existen numerosos trabajos de fotografía por medio de aviones tripulados y satélites para la medición de malas hierbas en la planta del cultivo, sin embargo, presentan numerosas limitaciones como la baja resolución de las imágenes que imposibilitan detectar plántulas de mala hierba dado a su pequeño tamaño en la planta o las condiciones climáticas que influyen al momento del vuelo (Peña J.M, Torres-Sánchez, Serrano-Pérez, A. y Lopez-Granados,F., 2014). Estas limitaciones pueden ser solventada por medio de los VANT ya que tienen una altura de vuelo promedio de 100 metros y pueden hacerlo a menor a altura si es necesario para así obtener unas imágenes con mucha mejor resolución (1-5 cm/pixel), además los AUV no tienen dificultad si el día está nublado para la obtención de imágenes y tienen una total autonomía por parte del usuario para la obtención de estas (Peña J.M, Torres-Sánchez, Serrano-Pérez, A. y Lopez-Granados,F., 2014).

### 2.3.2 Fumigación con vehículos aéreos no tripulados (temas no económicos)

La fumigación con vehículos aéreos tripulados (aviones de fumigación) es la alternativa más parecida en eficiencia a la de los VANT (drones de fumigación). Los problemas que se derivan de este procedimiento son los riesgos de salud en la población aledaña a los cultivos y la contaminación ambiental provocada por los fungicidas en fuentes hídricas y sin estar relacionado al tema de investigación, la emisión de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (Quirola, 2017). Cuando los aviones dedicados a la fumigación no tienen capacidad de fumigar

acertadamente únicamente en los cultivos lo que afecta otras zonas habitadas e hídricas. El mecanismo acertado para fumigar debe ser “aplicando fungicidas solo bajo condiciones de alta presión de inóculo y supervisado por un ingeniero agrónomo que haga la recomendación para el uso de control químico, evitando sobrecostos y daños a la salud y al medio ambiente” (Álvarez E., Pantoja A., Gañan L. y Ceballos C. 2013). En consecuencia, a la fumigación general de las zonas donde hay cultivos, ocurren intoxicaciones accidentales por los químicos usados para la fumigación. La intoxicación y el impacto ambiental, son temas que las autoridades no le dan prioridad porque subestiman su peligro (Rossi D. 2013). Estos son los argumentos más importantes en cuanto a salud a la hora de realizar una fumigación de precisión. Para dar el mejor uso de los agroquímicos consideramos que la forma más idónea para implementar la agricultura de precisión es por medio de drones porque no solo se interviene la zona de la plantación afectada, sino que no se afectan terrenos no deseados como fuentes hídricas o civilizaciones.

### 2.3.3 Exigencia de regulaciones

Según el país en donde se vaya a operar el vehículo se debe tener en cuenta que estos deben estar en la vía legal, asegurando los derechos de seguridad aérea y de privacidad, ya que muchos países no tienen ningún tipo de reglamentación (Evert J., 2016). El proceso de reglamentación está en curso en todo el mundo para el nivel local e internacional, uno de esos procesos lo viene realizando la empresa JARUS (Autoridades Conjuntas de Regulación de Sistemas no Tripulados), un grupo de expertos de organizaciones de seguridad de aviación regional y varias autoridades nacionales de investigación quienes trabajan para la obtención de un conjunto único de requerimientos operativos, técnicos y de seguridad para la certificación de drones y su integración en el espacio aéreo (Evert J., 2016).

#### 2.3.4 Fumigación con vehículos aéreos no tripulados en Colombia

En Colombia no hay empresas que presten el servicio de fumigación por medio de drones, pero si lo hay con aviones. Es por esto que para tener una referencia, se van a usar los datos recopilados en el estudio de Quirola León, en donde se comparan los precios comerciales de la ciudad del Guabo, Ecuador de fungicidas y de medios de fumigación. Lo que se encontró es que los aviones cobran USD 15 por hectárea y el precio del fungicida esparcido para esa hectárea cuesta USD 40, lo que da un total de USD 55 por hectárea. En cuanto a los drones, el precio por hectárea es de USD 20 y del fungicida esparcido para esta hectárea USD 30 para un total de USD 50 por hectárea (Quirola León, G. S., 2017). De estos datos es muy importante analizar que con los drones se utiliza menos fungicida que lo que necesita un avión para fumigar la misma hectárea gracias a su precisión. Esto es muy relevante porque el costo de vuelo del dron por hectárea es mayor, pero termina compensando con su eficiencia y precisión en la fumigación.

### 3. Metodología de la investigación

El estudio de este trabajo de investigación busca principalmente entender las necesidades, limitaciones, barreras, aspiraciones y proyecciones de los agricultores colombianos de cualquier tipo de cultivo en cualquier región del país.

Esta información se recolectó por medio de diez entrevistas a agricultores de diferentes regiones de Colombia y de diferentes tipos de cultivos. Cada una de las entrevistas se realizó a un agricultor diferente en diferentes regiones de Colombia y con tipos de tierra diferentes. Es importante mencionar que se entrevistó a diferentes agricultores de diferentes regiones y de diferentes tipos de cultivos porque es muy importante entender las necesidades de cada uno de ellos y entender si cada región o tipo de producto cultivado requiere de tratamientos diferentes o de procedimientos específicos.

**Tabla 3: Perfiles de encuestados**

<b>Agricultor</b>	<b>Tipo de cultivo</b>	<b>Tamaño de cultivo</b>	<b>Ubicación</b>
<b>Agricultor 1</b>	Arroz	1.000-2.000 hectáreas	Sabana
<b>Agricultor 2</b>	Café	0-20 hectáreas	Sabana
<b>Agricultor 3</b>	Palma de aceite	300-600 hectáreas	Sabana
<b>Agricultor 4</b>	Forestal	1.000-2.000 hectáreas	Sabana
<b>Agricultor 5</b>	Palma africana y Pastos	100-300 hectáreas	Sabana
<b>Agricultor 6</b>	Champiñones	0-20 hectáreas	Sabana
<b>Agricultor 7</b>	Fresa	0-20 hectáreas	Montaña
<b>Agricultor 8</b>	Papa y Zanahoria	300-600 hectáreas	Sabana
<b>Agricultor 9</b>	Guanábana	50-100 hectáreas	Ondulaciones



<b>Agricultor 10</b>	Caña de Azúcar	1.000-2.000 hectáreas	Sabana
----------------------	----------------	-----------------------	--------

Por otro lado, se cuantificó la diferencia de eficiencia de los métodos tradicionales de fumigación. Esto se hizo con la información suministrada por los proveedores de las maquinarias.

## 4. Resultados Obtenidos

Para validar este proyecto de fumigación y monitoreo de cultivos agrícolas con drones, realizamos encuestas con agricultores de diferentes regiones y con diferentes cultivos. Nuestro principal objetivo de las encuestas era demostrar que la fumigación actual o tradicional es ineficiente en comparación con la eficiencia de la fumigación con drones. Cuando se hace referencia a la fumigación actual o tradicional, es a máquinas de colgar en la espalda o mangueras de aspersión propulsadas por motobombas estáticas.

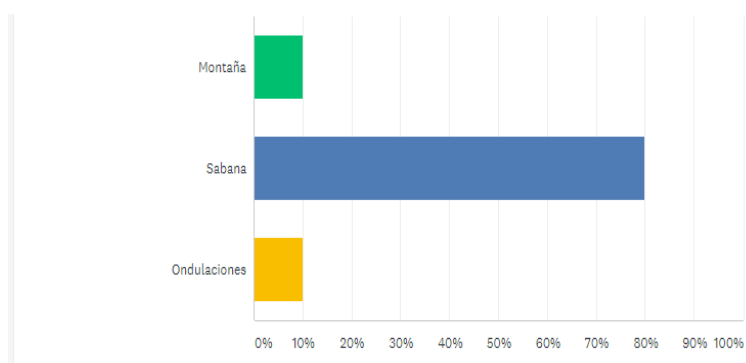
Adicionalmente con las encuestas se quiso validar que los métodos actuales requieren de un numeroso personal y se requiere tener bien equipado a este personal para no afectar su salud. Por otro lado, en Colombia no se usa ningún método de fotografía para analizar el estado de los cultivos entonces esta segunda parte de la propuesta del uso de drones es completamente innovadora y complementaria con la fumigación. Gracias a estos dos puntos que se lograron validar, se puede inferir que hay mucho campo de mejora en los tiempos de fumigación y en el personal requerido para esta labor.

### 4.1 Encuestados:

A través de una muestra de más de 10 agricultores encuestados de diferentes tipos de cultivos en diferentes lugares del país podemos concluir que:

- Todas las zonas de cultivos son trabajables para el monitoreo y fumigación a través de drones, zonas montañosas, sabanas y ondulaciones.

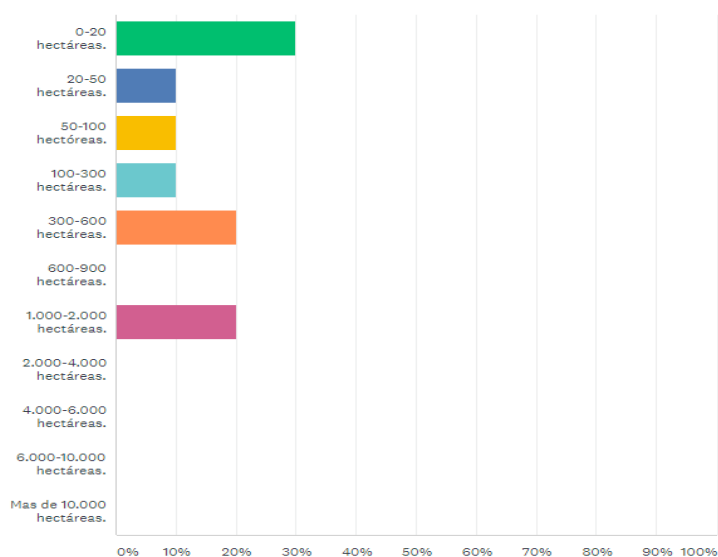
### Ilustración 1: Tipo de terreno en cultivos.



Fuente: Construcción propia, Octubre 2018.

- Tanto el pequeño agricultor (entre 0 y 20 hectáreas), el mediano (entre 100 y 300 hectáreas) y el grande (más de 2.000 hectáreas) están dispuestos a un análisis fotográfico por medio de drones y la gran mayoría a un servicio de fumigación por medio de drones.

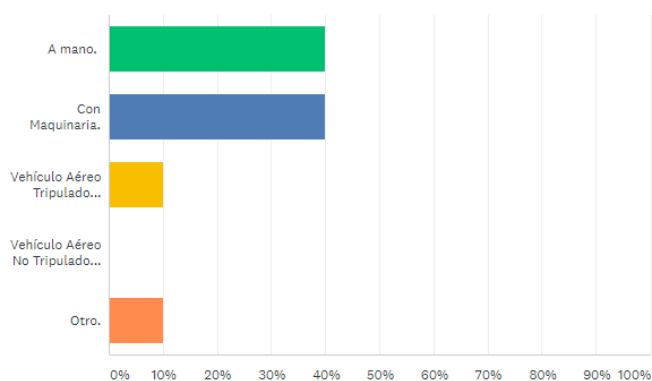
### Ilustración 2: Tamaño de cultivos.



Fuente: Construcción propia, Octubre 2018.

- Alrededor del 70% de los encuestados hace el proceso de fumigación a mano o con maquinaria, en donde habría una oportunidad de optimización de costos y de tiempo.

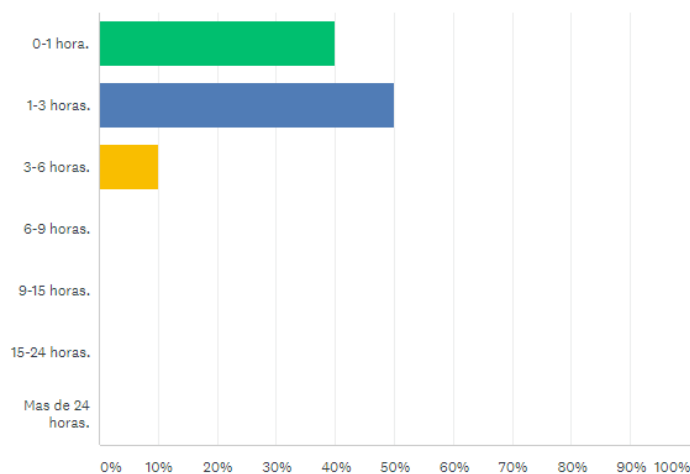
### Ilustración 3: Método de fumigación



Fuente: Construcción propia, Octubre 2018.

- El tiempo de demora de fumigación de una hectárea es de entre 1 y 3 horas para más del 50% de los encuestados.

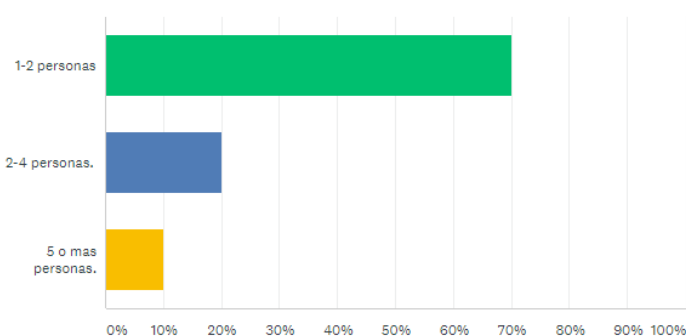
### Ilustración 4: Tiempo de fumigación para 1 hectárea.



Fuente: Construcción propia, Octubre 2018.

- Alrededor del 60% de los encuestados necesita entre 1 y 2 personas para el proceso de fumigación. Este dato hace referencia a la fumigación de 1 hectárea, pero cuando se preguntó por la necesidad de personal para la fumigación de la totalidad de su cultivo, este número aumentó drásticamente.

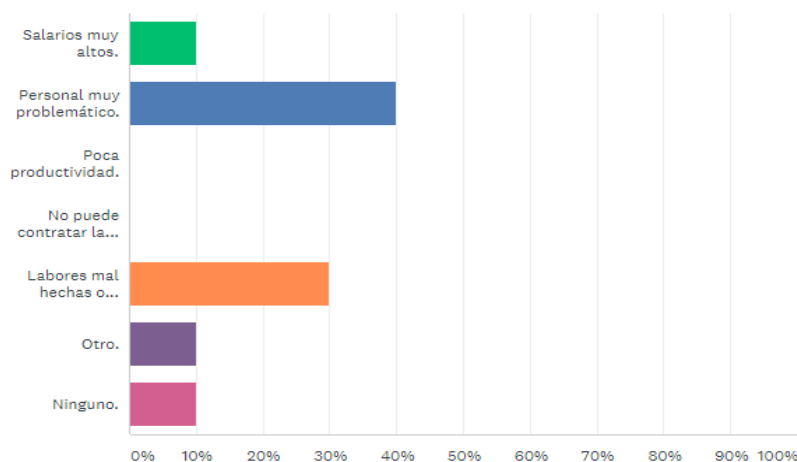
#### **Ilustración 5: Número de personas para fumigar 1 hectárea.**



Fuente: Construcción propia, Octubre 2018.

- Más del 60% de los encuestados tiene problemas con el personal por labores mal hechas o incompletas y por personal muy problemático. Adicionalmente la forma de contratar este personal es a destajo y no incluye ninguna prestación social ni seguridad de alto riesgo.

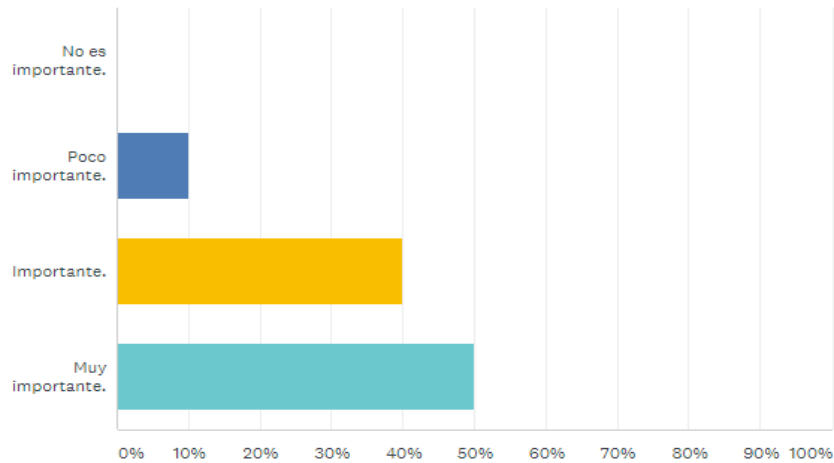
### Ilustración 6: Problemas de la Mano de Obra.



Fuente: Construcción propia, Octubre 2018.

- Más del 90% de los encuestados considera importante o muy importante el proceso de fumigación dentro de su cadena de producción. Este punto es uno de los más importantes porque si bien es uno de los procesos más importantes, se requiere ejecutarlo cuando se detecta una enfermedad. Cuando hay tiempos largos para fumigar, las enfermedades se pueden llegar a propagar y afectar la futura cosecha.

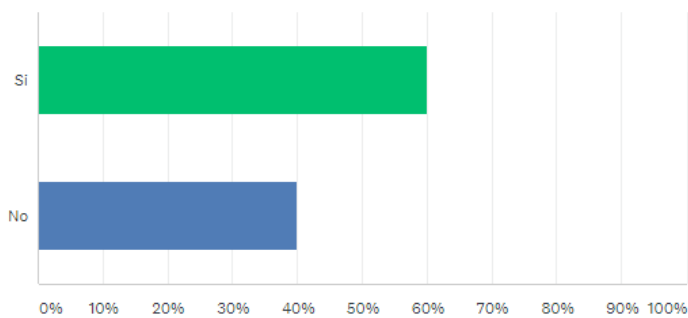
### Ilustración 7: Importancia de fumigación en cadena de producción.



Fuente: Construcción propia, Octubre 2018.

- Más del 60% estaría dispuesto a pagar dinero adicional por un servicio de fumigación a su cultivo a través de drones que le optimizan su tiempo de fumigación y lo hacen más eficiente. La principal justificación de esto es eficiencia en tiempos gracias a la capacidad de respuesta que les da en los cultivos y la facilidad de no tener que contratar personal.

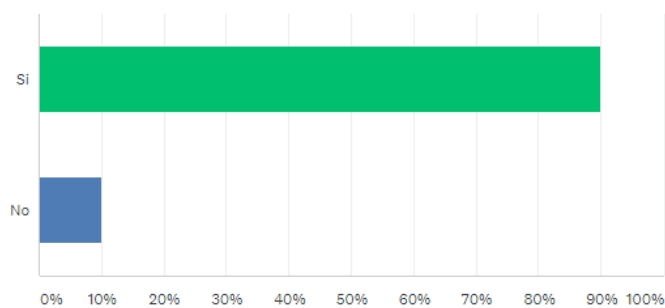
**Ilustración 8: Disposición de agricultores para obtener un mejor servicio.**



Fuente: Construcción propia, Octubre 2018.

- Más del 90% de los encuestados contrataría un análisis fotográfico, hecho a través de drones, de su cultivo que le permita ver la salud de este y tomar decisiones respecto a la fumigación.

**Ilustración 9: Disposición para contratar análisis fotográfico.**



Fuente: Construcción propia, Octubre 2018.



## 5. Conclusiones y recomendaciones

Desde el estudio realizado para el caso de monitoreo y fumigación de cultivos a través de vehículos no tripulados se resaltan dos pasos muy importantes como lo son la toma de fotografías para medir el estado del terreno y del cultivo que se está analizando para así segmentar las áreas que realmente necesitan ayuda por medio de algún insumo, y seguido a esto proceder a la fumigación desde un vehículo aéreo no tripulado (dron) con mucha precisión en cuanto al área que se piensa fumigar, lo que es conocido también como la agricultura de precisión.

El agricultor colombiano valora en gran manera una fumigación eficiente, a tiempo y con costos competitivos. Además, la diversa topografía colombiana hace que los drones sean la mejor alternativa dado a que muchos cultivos son de difícil acceso. Finalmente, la productividad de los drones busca quitarle problemas al agricultor como lo son la mano de obra, costos altos, turnos de tiempo muy demorados y practicas no amigables con el medio ambiente.

Para implementar esta tecnología en Colombia, sugerimos realizar un estudio exhaustivo en cuanto a la operación de los drones a la hora de fumigar grandes extensiones. El éxito de la implementación de este negocio es en gran parte la logística necesaria para poder fumigar constantemente las extensas plantaciones. Por otro lado, vemos que desarrollar este negocio en Colombia tiene unas barreras de entrada muy altas como lo son: permisos de la aeronáutica civil, alta inversión y difícil acceso a energía e internet en las zonas rurales entre otras. Las altas barreras de entrada hacen que la competencia en esta industria sea baja y así poder tener un alto poder de negociación con los clientes.

Además, dentro de un país como Colombia existen ciertas complicaciones como: difíciles condiciones meteorológicas en ciertas zonas del país en donde el viento y las fuertes lluvias no dejarían operar, zonas de conflicto armado en donde se puede restringir la operación y disponibilidad de servicio técnico en los lugares de operación.

Por otro lado, podemos concluir que el impacto en el desempleo al implementar esta tecnología es muy bajo, pues lo que realmente ocurre es que las labores se tecnifican y requiere de capacitaciones para el personal en dado caso de que el agricultor decida comprar su propio dron, en el caso de que el agricultor no decida comprar su propio dron, sino por el contrario contratar el servicio de fumigación, tampoco tendría un impacto ya que habría una reasignación de labores dentro del personal.

Finalmente podemos decir que el cambio en los métodos tradicionales de fumigación y monitoreo de cultivos es inevitable, hasta el momento podemos afirmar que los drones son la mejor alternativa desde el punto de vista monetario y de tiempo, pero que un país como Colombia tiene unas barreras de entrada que deben ser resultas lo más pronto posible ya que si el sector agrícola quiere ser competitivo a nivel mundial debe tecnificar este proceso cuanto antes.

## 6. Bibliografía

Absalón Machado C. (2002) De la estructura agraria al sistema agroindustrial. Universidad Nacional, Bogotá.

Álvarez E., Pantoja A., Gañan L. y Ceballos C. (2013) La Sigatoka negra en plátano y banano. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical, FAO, 2013, 1-6.

Castaño, N., Cardona, M. (2014) «Factores determinantes en la inestabilidad del sector agrícola colombiano». Revista En Contexto (2014), Medellín, Colombia.

Colorado, JE, (2015), La implementación de semillas transgénicas en Colombia, Manizales, Colombia, Universidad de Manizales.

Correa, Felipe y Stumpo, Giovanni (2017) La agroindustria: un área estratégica para impulsar la transformación productiva y la inclusión social. Ecuador.

Cortés, Laura (2014). EL SECTOR AGRÍCOLA EN COLOMBIA: UN MARGINADO DEL COMERCIO INTERNACIONAL. Universidad militar nueva granada, Bogotá.

Daniel Caballero (2017) Aplicación de imágenes NDVI para el control de riego y enfermedad en cultivos Agrícolas mediante el uso de aeronaves no tripuladas (UAV) y el software AgVault.

Evert J. (2016) Drones para la agricultura. ICT Update, edición 82. EE.UU

Fuentes Benítez, J. C., 2014. Incidencia de la transferencia tecnológica en la productividad del cacao en Colombia en las zonas de Santander, Arauca y Antioquia. Bogotá Colombia, Universidad Santo Tomás.

García Sales D., Porto Solano R. , Ricardo Simancas, Maribel Molina Correa, Hugo Hernández Palma (2016) SISTEMAS DE PRONÓSTICOS AGRÍCOLAS, UNA APUESTA A LA OPTIMIZACIÓN DE SUS INSUMOS. CASO DEL TUBÉRCULO DE LA MALANGA, Bogotá Colombia, Universidad de la Salle.

Garzón S., O. (2017, octubre 5). Apuntes sobre agroindustria. Revista Universidad De La Salle, 3(9), 37-47. Bogotá, Colombia. Recuperado a partir de <https://revistas.lasalle.edu.co/index.php/ls/article/view/4897>

Gonzales, Carolina y Salinas, Angelin (2015). COMPETITIVIDAD DE COLOMBIA FRENTE A LOS PAÍSES MIEMBROS DE LA ALIANZA DEL PACIFICO EN LOS AÑOS 2010-2015. Universidad de San Buenaventura. Cartagena, Colombia.

González A., Amarillo G., Sarmiento F., Amarillo M, 2015. Drones Aplicados a la Agricultura de Precisión. Bogotá, Colombia, Universidad de Cundinamarca, Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas.

Jiménez A., Jiménez F. y Pérez E. (2013) «PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES DE SENSORES REMOTOS PARA APLICACIONES DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN.» Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada, 2013: 8.

Mariana de Jesús Marcial (2017). DETERMINACIÓN DE VARIABLES AGRONÓMICAS DEL CULTIVO DE MAÍZ MEDIANTE IMÁGENES OBTENIDAS DESDE UN VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO (VANT). Jiutepec, México.

Martínez, Oswaldo y Morales, Sebastián (2016) ANÁLISIS DEL SECTOR AGROINDUSTRIAL EN COLOMBIA. Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín.

Molano Bernal, LC. (2017), Estudio del uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) como herramientas de transferencia de tecnología en el sector agropecuario colombiano: caso Corpoica. Universidad Politécnica de Valencia.

Montenegro Gómez S. P., Hernández Ossa Y. K, 2015. Biotecnología aplicada al desarrollo agropecuario colombiano, Bogotá Colombia, Universidad Nacional.

Peña A., 2013. Implementación de nuevos modelos agrícolas en Colombia. Bogotá Colombia, Universidad Militar Nueva Granada.

Peña J.M, Torres-Sánchez, Serrano-Pérez, A. y Lopez-Granados,F. (2014) Detección de malas hierbas en girasol en fase temprana mediante imágenes tomadas con un vehículo aéreo no tripulado (UAV). Departamento de Protección de Cultivos, Instituto de Agricultura Sostenible, IAS-CSIC. Córdoba, España.

Peña, Darwin y Petit, Elsa (2016). Gerencia Agro biotecnológica para promover la innovación. Limitaciones y alcances Opción, vol. 32, núm. 12, pp. 189-211 Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela

Quirola León, G. S. (2017) Mitigación del impacto ambiental en el sector bananero con la implementación de drones para la aerotomización (Trabajo de titulación). UTMACH, Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias, Machala, Ecuador.

Restrepo Alvarado, D. 2016. El comercio electrónico una estrategia para los negocios del agro en Colombia, Bogotá, Colombia, Universidad Militar Nueva Granada.

Rossi D. (2013) «Los Agroquímicos usados en Las Plantaciones Bananeras y sus Efectos en el Agua, la Gente, y el Ambiente en la Comunidad de Changuinola, Bocas del Toro, Panamá.» Editado por Lehigh University. SIT Digital Collections, 5 2013: 35.

Aeronáutica Civil, Ministerio de Transporte. (2015, July 27). *Requisitos generales de Aeronavegabilidad y Operaciones para RPAS (Numeral 4.25.8.2)*[Press release]. Retrieved September 20, 2018, from <http://www.aerocivil.gov.co/servicios-a-la-navegacion/sistema-de-aeronaves-pilotadas-a-distancia-rpas-drones/reglamentación>

Proveedor de drones: <http://www.agrodrones.tech/product/at-301-agriculture-drone/>

Revista Dinero, 2017: <https://www.dinero.com/emprendimiento/articulo/comproagro-la-plataforma-que-apoya-a-productores-agricolas-colombianos/242459>

## Anexo 1: Carta director de trabajo de grado

Bogotá, 31 de mayo de 2018

Señores,  
CESA

Por medio de la presente deseo informar que yo, José Roberto Acosta, acepto ser el director de tesis del proyecto de grado de los estudiantes Juan Manuel Garzón Espinosa y Federico Ludovico Luque, quienes cursan octavo semestre actualmente.


Atentamente,



José Roberto Acosta



Juan Manuel Garzón



Federico Luque

## Anexo 2: Modelo de carta información para base de datos de rpas de la UAEAC.

Señores:

XXXX...<Nombre Secretario de Seguridad Aérea >

Secretaria de Seguridad Aérea

Av. Eldorado 103-15, Primer Piso Nuevo Edificio Aero civil

Bogotá, D. C. – Colombia

Por medio de la presente estamos solicitando se incluya en la base de datos RPAS de la UAEAC.....xxxxxx.

<b>SOLICITUD INCLUSIÓN EN LA BASE DE DATOS RPAS DE LA UAEAC</b>		
Mientras se organiza un sistema de registro aeronáutico para los RPA y un sistema de licencias para sus pilotos, toda RPA, explotador de RPAS y piloto a distancia /observador en Colombia debe suministrar a la UAEAC la siguiente información.		
<b>Explotador de RPAS</b>		
Nombre completo:		
Dirección:	Teléfono(s):	
Correo electrónico:	Fecha de la solicitud:	
DOCUMENTOS QUE ADJUNTA:		
Certificado de Existencia y representación legal en caso de ser una persona jurídica o fotocopia de la cedula de ciudadanía si es persona natural.		
Información documentada en cuanto a si el(los) aparato(s) ha(n) sido fabricado(s) en el país o importado(s).		
Propósito Operación del RPA (fotografía, televisión, observación, etc.):		
<b>Datos de la RPA</b>		
Marca:	Modelo:	N/S:



<p>Tipo de aeronave (Ala fija, ala rotatoria, multi-rotor, aerostato, etc.):</p>	
<p>Características de la RPA (Masa máxima certificada de despegue, tipo y número de motores, envergadura, sistemas, etc.):</p> <p>* Adjuntar fotografías del RPAS (RPA y Estación de pilotaje a distancia)</p>	
<p>Requisitos de despegue y aterrizaje:</p>	
<p>Características de performance de la RPA, incluyendo:</p> <p>(1) Velocidades de utilización:</p> <p>(2) Velocidades de ascenso máximas y típicas:</p> <p>(3) Velocidades de viraje máximas y típicas:</p> <p>(4) Otros datos pertinentes relativos a la performance (p. ej., limitaciones relativas al viento, engelamiento (formación de hielo), precipitación:</p> <p>(5) Autonomía máxima de la aeronave RPA:</p> <p>(6) Altitud máxima alcanzable (independientemente de la limitación de 500 ft establecida):</p>	
<p>Características de seguridad y mitigación de fallas (p. ej. Return to home, Sistema Laser Anticolisión, fail-safe, Geo-fencing, GPS, etc.):</p>	
<p>Sensores y Equipamiento (p ej. Unidades inerciales, magnetómetros y acelerómetros, altímetros, sistemas de pitot, sondas de temperatura y hielo, air data sensor, sistemas electro ópticos visibles, infrarrojos y ultravioletas, sistemas embarcables para adquisición y registro de datos, etc):</p>	
<p>Documento que certifica la homologación acústica (consulta o especificación del fabricante), si aplica:</p>	

Adjuntar factura de compra (o declaración de construcción si ha sido fabricado en Colombia) y/o prueba de cumplimiento de las disposiciones aplicables de importación de dichos vehículos por las dependencias competentes del Estado.

CAPACIDADES DE COMUNICACIONES, NAVEGACIÓN Y VIGILANCIA:

Frecuencias y equipo de comunicaciones de seguridad operacional aeronáutica, incluyendo:

(1) comunicaciones ATC, incluidos los medios de comunicación alternativos:

(2) enlaces de mando y control (C2) incluyendo los parámetros de performance y área de cobertura operacional designada:

(3) comunicaciones entre el piloto a distancia y el observador RPA (Ej. disminución de VLOS, por requisitos de informe de riesgo, por cobertura de la operación), si aplica:

Equipo de navegación:

Equipo de vigilancia, si está equipada:

Equipo con capacidades de detectar y eludir, si está equipada:

Equipo data link, telemetría :

Procedimientos de condiciones normales y anormales, incluyendo entre otras (adjuntar):

(1) procedimientos de comunicación (ATC, observador, etc.)

(2) procedimientos C2 (Comando y Control);

(3) Procedimientos asociados a las fases de vuelo.

<b>Piloto a distancia/Observador</b>
Nombre e Identificación:
Relación de la experiencia del Piloto y Observador (si lo hubiera) en equipo RPA (piloto: mínimo 40 horas de vuelo de un ARP y 200 aterrizajes o recuperaciones):
<p>Relación de entrenamiento relacionada con RPAS:</p> <p>(1) Regulaciones Aéreas, (incluyendo el Reglamento del aire, normas generales de operación de aeronaves RPA, la clasificación de espacios aéreos y servicios de tránsito aéreo que en ellos se presta y las presentes disposiciones sobre RPAS, Transporte de mercancías peligrosas y Notificación de accidentes e incidentes).</p> <p>(2) Aerodinámica y principios de vuelo.</p> <p>(3) Meteorología aeronáutica (Incluyendo fenómenos meteorológicos, afectaciones de las condiciones meteorológicas a la operación, identificación de condiciones meteorológicas potencialmente peligrosas y la forma de evitarlas, altimetría e interpretación de reportes meteorológicos).</p> <p>(4) Navegación (Incluyendo principios generales, navegación visual y a estima y navegación apoyada en GPS)</p> <p>(5) Comunicaciones aeronáuticas (Incluyendo fraseología aeronáutica y procedimientos radiotelefónicos de los servicios de tránsito aéreo)</p> <p>(6) Sistemas de Gestión de Seguridad Operacional-SMS</p> <p>(7) Conocimiento de la aeronave a operar. (Clasificación de los RPAS, Concepto de Aeronavegabilidad, Célula de las aeronaves, Grupo motopropulsor, Instrumentos de a bordo, Sistema de control de la aeronave, Sistemas de seguridad de control de altura, Sistema de vuelta a casa, Perfil del vuelo, Performance de la aeronave, Planificación (tipo de vuelo, estudio de la zona en mapa), Determinación de riesgos</p> <p>Adjuntar la evidencia correspondiente (centro de instrucción aeronáutico aprobado por la UAEAC o Universidad nacional o extranjera que posea una facultad de Ingeniería Aeronáutica o Aeroespacial con un programa de educación continuada para RPAS).</p>
Declaración que ha estudiado el manual de operación del equipo RPA específico:
Si el piloto RPA fuera piloto de aeronaves tripuladas sólo requiere evidencia del requisito (7) arriba mencionado, aportar copia de su licencia de piloto privado o piloto comercial y la declaración indicada en el párrafo anterior.

Cordialmente,

**Nombre del Solicitante**

## CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL USO DE LOS APENDICES

1. El Objetivo de los Apéndices es estandarizar los procedimientos para facilitar el desarrollo de la evaluación de las solicitudes de autorización para operaciones RPAS.
2. Los apéndices en formato Word para que el interesado pueda ajustarlos y diligenciarlos, se tendrá colgada en la página web de la UAEAC en el siguiente link:  
<http://www.aerocivil.gov.co/AAeronautica/GTecnico/Paginas/ProyectosEspeciales.aspx>
3. Una vez la carta del Apéndice A y la información requerida – (INFORMACIÓN PARA BASE DE DATOS DE RPAS DE LA UAEAC) sea radicada en la UAEAC, la misma deberá ser enviada en forma digital (Archivo PDF y archivo Word) por Email referenciando en el asunto el número de radicado y nombre de la Empresa o persona que efectúa la solicitud: [grupo.tecnico@aerocivil.gov.co](mailto:grupo.tecnico@aerocivil.gov.co)
4. Se ratifica que en la secciones del apéndice A se menciona cuando debe adjuntar documentos. Y que esta evidencia requerida, también será enviada en otro archivo digital (formato PDF) pero en el mismo correo arriba mencionado.
5. Cualquier inquietud sobre la información a ser radicada para este trámite puede comunicarse con las dependencias mencionadas en esta circular o al correo electrónico ya mencionado.

### Anexo 3: Modelo de carta solicitud de permiso para operación rpas ante la UAEAC

Señores:

XXXX...<Nombre Director de Servicios a la Navegación Aérea>

Dirección de Servicios a la Navegación Aérea (DSNA)

Av. Eldorado 103-15, Primer Piso Nuevo Edificio Aero civil

Bogotá, D. C. – Colombia

Por medio de la presente estamos efectuando la solicitud para .....xxxxxxxxxxx.

<b>SOLICITUD DE PERMISO PARA OPERACIÓN RPAS ANTE LA UAEAC</b>	
Mientras que la UAEAC desarrolle la reglamentación definitiva para RPAS, explotador de RPAS en Colombia debe efectuar solicitud por cada vuelo ante la UAEAC con una antelación de quince (15) días hábiles antes de la fecha prevista del vuelo, a menos que la UAEAC lo especifique de otro modo.	
<b>Generalidades</b>	
Nombre completo solicitante (Representante legal para el caso de Empresas):	
Empresa (si no es persona natural):	
Dirección:	Teléfono(s):
Correo electrónico:	Fecha de la solicitud:
<b>Datos de la Operación</b>	
Descripción de la operación (que incluya el propósito del vuelo, operación con visibilidad directa visual (VLOS), nivel de vuelo estimado):	
Fecha(s) de la operación:	

Lugar de la operación:		
Duración del Vuelo:		
Adjuntar análisis sobre la actividad que pretende realizar, declarando que su operación no afecta a empresas de trabajos aéreos especiales certificadas, debido a que el vuelo que se pretende realizar no es factible o no puede ser realizado con una aeronave tripulada (con certificado de aeronavegabilidad) que efectuó trabajos aéreos especiales.		
Adjuntar Evaluación de Riesgo para la operación a efectuar. (Sistema de Gestión de Riesgos)		
Confirmación de cumplimiento con los requisitos que incluya medidas de seguridad pertinentes a la operación de RPAS (Ej. Meteorología, zonas restringidas, Zonas prohibidas, cercanía a aeropuertos, NOTAM, y demás que sean necesarias por el tipo de operación), si aplica:		
<b>Datos de la RPA</b>		
Marca:	Modelo:	N/S:
Tipo		Masa máxima certificada de despegue:
Equipo requerido de la RPA para efectuar el vuelo:		
<p><u>Capacidades de comunicaciones, navegación y vigilancia</u></p> <p>(1) Referenciar las frecuencias básicas y equipo de comunicaciones a usar en la operación:</p> <p>(2) número y localización de las estaciones de pilotaje a distancia (así como procedimientos de transferencia entre las estaciones de pilotaje a distancia, si aplica:</p>		

(3) Identificación que utilizará la aeronave o aeronaves para radiotelefonía, si aplica:

*Nota: Es importante mencionar que el Operador debe asegurar que las frecuencias usadas en la operación no generen interferencia y se encuentran en las porciones del espectro radioeléctrico de uso libre por parte del público en general, salvo requerimiento contrario de la Agencia nacional del espectro (ANE).*

Información/descripción relativa a la carga útil a usar en el vuelo solicitado:

Declaración que establezca que la aeronave RPA y la Estación de pilotaje a distancia estén en condiciones técnicas apropiadas para la operación propuesta (condiciones de operar de modo seguro):

Adjuntar copia de póliza de seguro o caución para responder por eventuales daños a terceros, conforme a lo establecido en los artículos 1827, 1835, 1842 y 1900 del Código de Comercio.

*Nota: La UAEAC se reserva el derecho de verificar el adecuado uso del permiso que otorgue para las operaciones de RPAS en el país mediante inspecciones, así como de suspender o cancelar cualquier permiso si no se cumple con las condiciones establecidas en la aprobación operacional. Todos los gastos que estas inspecciones demanden correrán por cuenta del explotador RPAS de conformidad con el numeral 3.6.3.4.3.19 de los RAC.*

**Piloto a distancia/Observador**

Nombre e Identificación (Piloto a distancia):

Nombre e Identificación (Observador RPAS):
Nombre e Identificación (Otro personal involucrado en la operación):

Cordialmente,

### **Nombre del Solicitante**

Copia: Secretaria de Seguridad Aérea.

#### **CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL USO DE LOS APENDICES**

1. El Objetivo de los Apéndices es estandarizar los procedimientos para facilitar el desarrollo de la evaluación de las solicitudes de autorización para operaciones RPAS.
2. Los apéndices en formato Word para que el interesado pueda ajustarlos y diligenciarlos, se tendrá colgada en la página web de la UAEAC en el siguiente link:  
<http://www.aerocivil.gov.co/AAeronautica/GTecnico/Paginas/ProyectosEspeciales.aspx>
3. Una vez la carta del Apéndice A y la información requerida – (INFORMACIÓN PARA BASE DE DATOS DE RPAS DE LA UAEAC) sea radicada en la UAEAC, la misma deberá ser enviada en forma digital (Archivo PDF y archivo Word) por Email referenciando en el asunto el número de radicado y nombre de la Empresa o persona que efectúa la solicitud: [grupo.tecnico@aerocivil.gov.co](mailto:grupo.tecnico@aerocivil.gov.co)
4. Se ratifica que en la secciones del apéndice A se menciona cuando debe adjuntar documentos. Y que esta evidencia requerida, también será enviada en otro archivo digital (formato PDF) pero en el mismo correo arriba mencionado.
5. Cualquier inquietud sobre la información a ser radicada para este trámite puede comunicarse con las dependencias mencionadas en esta circular o al correo electrónico ya mencionado.



## Anexo 4: Tabla resumen para efectuar manual de operaciones de RPAS

Nota: La siguiente tabla ofrece un resumen de secciones y detalles que un operador de RPAS podría considerar para facilitarle a su personal toda la información e instrucciones necesarias para para llevar a cabo sus funciones con seguridad y eficacia.

SECCION	TEMA	COMENTARIOS
<b>PARTE A</b>	<b>Introducción</b>	
1	Contenido	Listado detallado del contenido del Manual de Operación.
2	Declaración introductoria que incluya principios definidos para la operación.	Incluir una declaración de cumplimiento con cualquier permiso y el requisito de que las instrucciones operacionales contenidos en el manual deben ser respetados por todo el personal involucrado en la operación. Es importante que existan responsables de su elaboración y/o de su aprobación en la organización que firmen esta declaración.
3	Definiciones	Incluya los acrónimos que sean necesarios.
4	Control del manual y proceso de revisión (revisiones)	Para asegurar que el Manual de Operación se mantiene actualizado. Las revisiones pueden ser solicitadas por la UAEAC. Llevar las revisiones numeradas desde original.
	<b>Organización</b>	
5	Estructura de la organización y líneas de mando	Organigrama y breve descripción
6	Personal involucrado en la operación RPAS	Como sea apropiado por ejemplo, Gerente, Piloto a Distancia, Técnico, Observador RPAS, otros.
7	Responsabilidad y deberes del Explotador RPAS	Ver Circular Reglamentaria numeral de responsabilidades, numeral 7.10
8	Responsabilidades y deberes del personal de soporte en la operación RPAS	Los operadores pueden utilizar el personal de soporte que consideren sean de ayuda para la operación de la aeronave, dar una breve descripción de los cargos.
9	Breve descripción técnica del RPAS	Ver Circular Reglamentaria numeral 7.5 Aeronave – RPA o

		Apéndice A (Datos RPA). La descripción completa puede estar en los manuales técnicos para mantenimiento y operación de la RPA (podrían ser adicionados como un apéndice del Manual).
10	Áreas propuestas de operación	Referencia de la ubicación geográfica de la empresa (ciudad, departamento), áreas probables de operación, por ejemplo: las obras de construcción, campo abierto, carreteras, ductos etc.
11	Limitaciones y condiciones de operación	Condiciones de funcionamiento en el cumplimiento de lo establecido por la DSNA - UAEAC y las condiciones y limitaciones de cualquier permiso de la UAEAC. Ver Circular Reglamentaria numeral 7.3 y 7.9
	<b>Control Operacional</b>	
12	Supervisión de las operaciones RPAS ( Internas y por la UAEAC)	Una descripción de cualquier sistema interno para supervisar las operaciones del explotador.  Es necesario mencionar que La UAEAC se reserva el derecho de verificar el adecuado uso del permiso que otorgue para las operaciones de RPAS en el país, para lo cual puede efectuar inspecciones a las instalaciones, aeronaves y personal; así como de suspender o cancelar cualquier permiso si no se cumple con las condiciones establecidas en la aprobación operacional.
13	Prevención de accidentes y programa de Seguridad de Vuelo	Incluir evaluaciones de sus operaciones, conceptos del personal involucrado, fallas en las aeronaves, incidentes, Incluir todos los requerimientos de reportes de seguridad detectados, lo anterior para la construcción de su programa de seguridad.
14	Composición del equipo de vuelo	Se detalla como es el proceso para seleccionar y definir el equipo de vuelo en función del tipo de operación , la complejidad , el tipo de aviones ARP, etc.
15	Requisitos de calificación	Los detalles de cualquier calificación, experiencia o formación necesarias para el piloto o equipo de apoyo para los tipos de RPAS y las funciones utilizadas por el operador. Ver Circular Reglamentaria numeral 7.5 Piloto a Distancia /Observador RPAS y numeral 7.7.

16	Estado físico de la tripulación y facultades para operar	Una declaración y cualquier orientación para asegurar que la "tripulación" se ajusta adecuadamente antes de realizar cualquier operación.  Ver Circular Reglamentaria numeral 7.9 donde se referencia que ningún Piloto a distancia operará los controles de una RPA si se encuentra bajo el efecto del consumo de bebidas alcohólicas, o de cualquier droga que pudiera afectar sus facultades para operar los controles de manera segura.
17	Registros	El explotador debe establecer un manejo de sus registros, que incluye los vuelos RPAS, permisos otorgados, documentos de las aeronaves, instrucción efectuada, registros básicos del mantenimiento de las aeronaves RPA, etc.
<b>Parte B</b>	<b>Procedimientos de Operación</b>	
1	<b>Planeación / Preparación del vuelo</b>	
1.1	Determinar de las tareas previstas y viabilidad	
1.2	La ubicación del sitio de operación y evaluación	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. El tipo de disposiciones del espacio aéreo (por ejemplo, del espacio aéreo controlado cercano )</li> <li>b. Otras operaciones de aeronaves (Aeródromos locales o sitios de operación)</li> <li>c. Peligros asociados con los sitios industriales o actividades, las transmisiones de radio de alta intensidad , etc</li> <li>d. Leyes o regulaciones locales del sitio de operación.</li> <li>e. Obstrucciones (cableado, postes, antenas, edificaciones cercanas etc.)</li> <li>f. Restricciones extraordinarias como el espacio aéreo segregado alrededor de establecimientos del gobierno o de las fuerzas armadas.</li> <li>g. Acceso público al área o permisos requeridos.</li> <li>h. Permiso del propietario del terreno</li> </ul>

		<p>i. Condiciones meteorológicas para el evento planeado</p> <p>Ver detalles asociados en la Circular Reglamentaria numerales aplicables.</p>
1.3	Administración del riesgo	<p>Definir metodología para efectuar el análisis del riesgo en su operación, Identificación de los peligros, evaluación de riesgos, procedimientos de mitigación. (Sistema de Gestión de Riesgos)</p> <p>Tener en cuenta la Circular Reglamentaria numeral 7.3</p> <p>LIMITACIONES DE LA OPERACIÓN RPAS EN COLOMBIA.</p>
1.4	Comunicaciones	<p>Definir protocolos, establecer los</p> <p>Números de contacto por otras operaciones de aeronaves locales.</p> <p>Manejo y equipos utilizados en las operaciones.</p> <p>Manuales técnicos de los equipos, Mantenimiento, pruebas requeridas previas al vuelo.</p> <p>Referenciar las frecuencias de trabajo.</p> <p>Es importante mencionar que el Operador debe asegurar que las frecuencias usadas en la operación no generen interferencia y se encuentran en las porciones del espectro radioeléctrico de uso libre por parte del público en general, salvo requerimiento contrario de la Agencia nacional del espectro (ANE).</p>
1.5	Pre notificación	<p>Si el vuelo se va a realizar dentro de una zona cercana de tránsito de aeródromo, o cerca de cualquier sitio de aeródromo o aeronave operativo, entonces se deben obtener sus datos de contacto (torre de control, superficie, etc.) y la notificación de la operación prevista deberá comunicarse antes del despegue según los procedimientos de esta Circular.</p> <p>Podría ser necesario advertir a la policía Nacional o autoridades locales de la Operación.</p>
1.6	Permiso del sitio	<p>Referencia al documento confirmando permiso del propietario del predio.</p> <p>Es importante referenciar que no se afecte el derecho a la intimidad</p>

		de cualquier persona ni se sobrevuelen predios privados o del estado sin autorización previa de su morador
1.7	Condiciones climáticas	Métodos para obtener pronósticos de clima. Consideraciones de la limitación de la RPAS
1.8	Preparación y condición del equipo y de la RPAS	Chequeos pre – vuelo y mantenimiento de las RPA necesarias antes de iniciar el vuelo.
<b>2</b>	<b>Procedimientos en el sitio de trabajo y chequeos pre vuelo</b>	
2.1	Inspección del lugar	Comprobación visual del área de funcionamiento e identificación de peligros para la operación RPAS y su personal.
2.2	Selección del área de operación	Referenciar como seleccionar el área, tamaño (extensión), forma, alrededores, superficie, pendiente. Zona de aterrizaje para un retorno automático se debe identificar y mantenerse libre
2.3	Dar instrucciones a la tripulación (Briefing)	Para cubrir las tareas, responsabilidades, deberes, emergencias.
2.4	Procedimiento del radio de acción (cordon procedure)	El cumplimiento a los criterios de separación
2.5	Comunicaciones	Con los operadores aéreos locales o adyacentes si aplica
2.6	Chequeos de clima	Limitaciones y consideraciones de operación
2.7	Re-tanqueo	Cambio de combustible o carga de las baterías
2.8	Carga del equipo	Seguridad requerida para efectuar la labor
2.9	Preparación y correcto ensamble de la RPAS	De acuerdo a las instrucciones del fabricante
2.10	Chequeos pre vuelo en la RPAS y en el equipamiento	Puede estar contenido en otros manuales
<b>3</b>	<b>Procedimientos de vuelo</b>	Estos procedimientos pueden estar contenidos en Manual de operación (suministrado por el fabricante) o su equivalente pero deben cubrir todo el contenido incluyendo los aspectos de seguridad.
3.1	Encendido de la RPA	Describir la actividad

3.2	Despegue de la RPA	Describir la actividad
3.3	Vuelo de la RPA	Describir la actividad
3.4	Aterrizaje de la RPA	Describir la actividad
3.5	Apagado e la RPA	Describir la actividad
<b>4</b>	<b>Procedimientos de emergencia</b>	
4.1	Apropiado a la RPA y al sistema de control	Debe considerar todos aquellos eventos que puedan causar que el vuelo de la RPAS falle o se requiera terminar el vuelo.
4.2	Fuego	Se deben considerar el riesgo y las medidas preventivas relevantes, tipo de fuentes de energía de la RPAS o combustible.
4.3	Accidentes	Consideraciones, acciones ante el accidente, respuesta de la empresa por daños a bienes o personas, etc.
<b>Parte C</b>	<b>Entrenamiento</b>	
1	Detalles del programa de entrenamiento del operador	Requerimientos de entrenamiento y chequeo para pilotos a distancia, observador RPAS y personal de soporte determinados por el operador para cubrir el pensum inicial, recurrente y de diferencias o conversión.  Ver Circular Reglamentaria numeral 7.5 Piloto a Distancia /Observador RPAS y numeral 7.7.
<b>Parte D</b>	<b>Apéndices</b>	
1	Copia de los permisos de la UAEAC	Este proveerá referencia inmediata a las condiciones bajo las cuales las operaciones deben ser conducidas cuando aplique
2	Otros documentos	Los que sean necesarios después de la evaluación por parte del explotador RPAS y según el tipo de operación a efectuar.

#### CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL USO DE LOS APENDICES

6. El Objetivo de los Apéndices es estandarizar los procedimientos para facilitar el desarrollo de la evaluación de las solicitudes de autorización para operaciones RPAS.
7. Los apéndices en formato Word para que el interesado pueda ajustarlos y diligenciarlos, se tendrá colgada en la página web de la UAEAC en el siguiente link:  
<http://www.aerocivil.gov.co/AAeronautica/GTecnico/Paginas/ProyectosEspeciales.aspx>
8. Una vez la carta del Apéndice A y la información requerida – (INFORMACIÓN PARA BASE DE DATOS DE RPAS DE LA UAEAC) sea radicada en la UAEAC, la misma deberá ser enviada en forma digital (Archivo PDF y archivo Word) por Email referenciando en el asunto el número de radicado y nombre de la Empresa o persona que efectúa la solicitud: [grupo.tecnico@aerocivil.gov.co](mailto:grupo.tecnico@aerocivil.gov.co)
9. Se ratifica que en la secciones del apéndice A se menciona cuando debe adjuntar documentos. Y que esta evidencia requerida, también será enviada en otro archivo digital (formato PDF) pero en el mismo correo arriba mencionado.
10. Cualquier inquietud sobre la información a ser radicada para este trámite puede comunicarse con las dependencias mencionadas en esta circular o al correo electrónico ya mencionado.

## **Anexo 5: Encuesta sobre Fumigación y Monitoreo en cultivos a agricultores colombianos.**

1. ¿Qué tipo de cultivo tiene?
2. ¿En dónde está ubicado?
3. ¿Qué tan grande es su cultivo?
4. ¿Usted actualmente como hace el proceso de fumigación?
5. ¿Actualmente cuánto tiempo se demora en fumigar una hectárea?
6. ¿Cuánto personal necesita para desarrollar esta actividad (fumigación)?
7. ¿A la hora de contratar personal que tipo de problemas presenta?
8. ¿Para usted que tan importante es optimizar el tiempo para fumigar todo su cultivo?
9. ¿Estaría dispuesto a pagar un poco más de dinero para que fumiguen su cultivo (a través de Drones) hasta 24 veces más rápido y más eficiente de lo que lo hace actualmente?
10. ¿Contrataría un análisis fotográfico (a través de Drones) para su cultivo si este le permitiera identificar la salud de su cultivo y así decidir qué tipo y cantidad de fumigación necesita para el cultivo?