



**República Del Ecuador**

**Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil**

**Facultad de Posgrado e Investigación**

**Tesis en opción al título de Magíster en:**

**Administración de Empresas**

**Tema de Tesis:**

**Gestión de investigación operativa para racionalizar los costos generados  
en los procesos de fumigación de cultivos tropicales a través de  
equipos ultraligeros**

**Autor:**

**Ing. Mauricio Fernando Montoya Vargas**

**Director de Tesis:**

**Econ. Otto Suárez Rodríguez, Ph.D.**

**Septiembre 2020**

**Guayaquil – Ecuador**



**República Del Ecuador**

**Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil**

**Facultad de Posgrado e Investigación**

**Tesis en opción al título de Magíster en:**

**Administración de Empresas**

**Tema de Tesis:**

**Gestión de investigación operativa para racionalizar los costos generados  
en los procesos de fumigación de cultivos tropicales a través de  
equipos ultraligeros**

**Autor:**

**Ing. Mauricio Fernando Montoya Vargas**

**Director de Tesis:**

**Econ. Otto Suárez Rodríguez, Ph.D.**

**Septiembre 2020**

**Guayaquil – Ecuador**

## **Declaración expresa**

La responsabilidad del contenido de esta tesis de Posgrado, constituida en una investigación científica, corresponde exclusivamente al autor, y además se constituye también como parte del patrimonio intelectual de la Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil – UTEG.

Ing. Mauricio Fernando Montoya Vargas

## **Dedicatoria**

*Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre Sra. Rocío Vargas, por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional. A mi padre Ing. Manuel Montoya, quien ha sido el pilar fundamental de nuestro hogar y por haberme inculcado lo que es ser integro, honesto, humilde y trabajador. A mi esposa Econ. Ruth Lorena Montalvo Arcos, quien ha puesto toda su confianza para lograr un objetivo más en mi vida. A mis hijos Mauro Fernando Montoya Montalvo, y Nohelia María Montoya Montalvo, quienes son la razón de que me levante cada día para esforzarme por el presente y el mañana. A mis suegros que también han formado parte de este proyecto.*

## **Agradecimiento**

*El presente trabajo de tesis primeramente me gustaría agradecer a la UTEG por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional. A mi tutor Econ. Otto Suárez Rodríguez, Ph.D., por su esfuerzo y dedicación, quien, con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito, por su visión crítica de muchos aspectos cotidianos de la vida y por su rectitud en su profesión como docente. También me gustaría agradecer a mis profesores quienes han aportado con un granito de arena para el cumplimiento de este nuevo logro, y en especial a mi profesor Ing. Pedro Iglesias por sus consejos, y enseñanzas. A mi amiga Merly Iglesias por su grata y fiel amistad.*

# Índice general

<b>Declaración expresa</b> .....	<b>II</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>III</b>
<b>Agradecimiento</b> .....	<b>IV</b>
<b>Índice general</b> .....	<b>V</b>
<b>Índice de tablas</b> .....	<b>VII</b>
<b>Índice de figuras</b> .....	<b>VIII</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>IX</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>X</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>Capítulo 1</b> .....	<b>3</b>
<b>Marco Teórico Conceptual</b> .....	<b>3</b>
Antecedentes de la investigación .....	3
Antecedentes sobre la fumigación de cultivos.....	3
Planteamiento del problema de investigación .....	5
Formulación del problema .....	8
Sistematización del problema .....	8
Objetivos.....	9
Objetivo general.....	9
Objetivos específicos .....	9
Justificación de la investigación. ....	10
Marco Referencial.....	11
Marco Teórico.....	11
Marco Conceptual.....	20
Marco Legal .....	25
<b>Capítulo 2</b> .....	<b>28</b>
<b>Marco metodológico</b> .....	<b>28</b>
Tipo de Diseño, alcance y enfoque de la investigación .....	28
Diseño de investigación .....	28
Enfoque de la investigación.....	29
Métodos de investigación y perspectiva general .....	29
Unidades de análisis / población y muestra .....	30
Delimitación de la población .....	31
Tratamiento de la información.....	32
Programación lineal .....	32
Técnicas de recolección de datos.....	33
Modelo de Programación Lineal Simplex .....	34
Función Objetivo .....	35
Variables de decisión .....	35
Restricciones .....	36
Software de programación lineal .....	36
Resolución del Modelo de Programación Simplex.....	37

<b>Modelo PERT/CPM.....</b>	<b>38</b>
<b>Capítulo 3.....</b>	<b>39</b>
<b>Resultados y discusión .....</b>	<b>39</b>
Análisis de la situación actual de los cultivos tropicales en la región litoral.....	39
El sector de cultivos tropicales y su evolución .....	39
Características y variedad cultivos tropicales .....	43
Análisis comparativo, evolución, tendencias de tecnologías e innovaciones a nivel mundial .....	44
El consumo de cultivos tropicales en el mundo.....	47
Presentación de resultados y discusión .....	49
Análisis del sector cultivos tropicales ecuatoriano .....	49
Producción Cultivos tropicales .....	58
Tipos de empresas de cultivos tropicales.....	59
Empresas del sector de cultivos tropicales según el espacio geográfico .....	62
Análisis de la encuesta – servicio .....	65
<b>Capítulo 4.....</b>	<b>70</b>
<b>Propuesta .....</b>	<b>70</b>
Determinación y aplicación de modelos de programación lineal para la optimización del servicio de fumigación de cultivos tropicales - Método de Programación Lineal Simplex .....	70
Definición de las variables de decisión.....	71
Definición de la función objetivo .....	75
Determinación de las restricciones .....	75
Ejecución del modelo de programación lineal simplex .....	77
Comprobación de los resultados .....	78
Análisis y variaciones de Impacto Financiero por la Racionalización de los Costos .	80
Modelo de RED PERT/CPM.....	84
Determinación de Actividades.....	84
Determinación del tiempo esperado .....	85
Matriz de Tiempos .....	87
Determinación del Modelo de Red PERT .....	88
Determinación de la Ruta Crítica.....	90
Determinación de la Probabilidad.....	92
<b>Capítulo 5.....</b>	<b>93</b>
<b>Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>93</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>93</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>94</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>96</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>101</b>

## Índice de tablas

<i>Tabla 1 Superficie Cosechada y Producción de Productos de Invierno Ciclo Corto ....</i>	43
<i>Tabla 2 Superficie Cosechada y Producción de Productos de Invierno Ciclo Corto ....</i>	59
<i>Tabla 3 Superficie según región, por uso agropecuario (En hectáreas).....</i>	63
<i>Tabla 4 Empresas que tienen metodología técnica para sus procesos de fumigación</i>	66
<i>Tabla 5 Implementación de técnicas de investigación operativa .....</i>	67
<i>Tabla 6 Métodos de fumigación/ materiales que generan riesgo.....</i>	68
<i>Tabla 7 Sistema que prepondera para el proceso de fumigación aérea .....</i>	69
<i>Tabla 8 Superficie, según Producción y Superficie Cosechada de Cultivos Transitorios Tropicales .....</i>	71
<i>Tabla 9 Datos por Variedad .....</i>	74
<i>Tabla 10 Determinación de la Utilidad.....</i>	75
<i>Tabla 11 Restricciones.....</i>	77
<i>Tabla 12 Resultado del Modelo Simplex- Software Lindo .....</i>	77
<i>Tabla 13 Resultado Variables Holgura Software Lindo .....</i>	78
<i>Tabla 14 Máximo incremento y mínimo decremento.....</i>	80
<i>Tabla 15 Restricciones máximo incremento y mínimo decremento .....</i>	80
<i>Tabla 16 Rendimiento Financiero Proyectado Empresas de Fumigación Aérea .....</i>	81
<i>Tabla 17 Análisis de variación en el costo de operación .....</i>	82
<i>Tabla 18 Análisis de variación en el costo del servicio .....</i>	83
<i>Tabla 19 Análisis de variación en el costo del servicio .....</i>	84
<i>Tabla 20 Actividades servicio de fumigación aérea .....</i>	85
<i>Tabla 21 Actividades/Predecesores .....</i>	85
<i>Tabla 22 Tiempo esperado .....</i>	86
<i>Tabla 23 Tiempos optimista, pesimista y esperado .....</i>	86
<i>Tabla 24 Matriz de tiempos .....</i>	87

## Índice de figuras

<i>Figura 1 Avión Ultraligero</i> .....	12
<i>Figura 2. Controles y funciones principales</i> .....	14
<i>Figura 3 Boom de Fumigación</i> .....	16
<i>Figura 4 Avión Fumigador</i> .....	17
<i>Figura 5 Rendimiento de Arroz por cantones</i> .....	40
<i>Figura 6 Rendimiento promedio de Arroz</i> .....	42
<i>Figura 7 Superficie Cosechada de Arroz</i> .....	50
<i>Figura 8 Superficie cosechada de Cebolla</i> .....	52
<i>Figura 9 Superficie cosechada de Fréjol</i> .....	54
<i>Figura 10 Superficie cosechada de Fréjol</i> .....	55
<i>Figura 11 Superficie Cosechada de Maíz Suave</i> .....	57
<i>Figura 12 Superficie con uso y labor agropecuaria, 2019</i> .....	62
<i>Figura 13 Porcentaje de participación en la superficie</i> .....	63
<i>Figura 14 Producción de arroz en cáscara 2018- 2019,</i> .....	64
<i>Figura 15 Participación en superficie cosechada</i> .....	65
<i>Figura 16 Empresas que tienen metodología técnica</i> .....	66
<i>Figura 17 Implementación de técnicas de investigación operativa</i> .....	67
<i>Figura 18 Métodos de fumigación/ materiales que generan riesgo</i> .....	68
<i>Figura 19 Sistema que prepondera para el proceso</i> .....	69
<i>Figura 20 Superficie, según Producción y Superficie Cosechada de Cultivos Transitorios Tropicales</i> .....	72
<i>Figura 21 Rendimiento en toneladas métricas por tipo de cultivo tropical</i> .....	72
<i>Figura 22 Análisis de variación en el costo de operación</i> .....	83
<i>Figura 23 Análisis de variación en el costo del servicio</i> .....	83
<i>Figura 24 Diagrama Red PERT</i> .....	88
<i>Figura 25 Ruta Crítica PERT/CPM</i> .....	90
<i>Figura 26 Ruta Crítica/Project Management</i> .....	91

## Resumen

El presente proyecto de investigación consiste en realizar un análisis a las empresas del sector de fumigación aérea, con la aplicación de gestión de investigación operativa (IO), que nos ayuden a racionalizar los costos generados en los procesos de fumigación de cultivos tropicales por medio de equipos ultraligeros en el Ecuador. Se ejecuta el análisis de las empresas que proveen este servicio, donde se estructura una alternativa para racionalizar los costos en sus procesos, basado en un esquema de gestión de IO. Se describe la situación actual de su funcionamiento operativo y logístico en el proceso de fumigación, mediante el desarrollo de un modelo de programación lineal con el método simplex que permite la maximización de la utilidad de los servicios que prestan las empresas de este tipo de servicios. Se definieron los elementos técnicos de IO para la optimización de los procesos de fumigación de cultivos tropicales, se estableció así un instrumento de gestión empresarial para la aplicación y eficiencia de la actividad de fumigación específicamente para el servicio aéreo con equipos ultraligeros de tal forma que se pueda lograr minimizar los costos operativos de este tipo de empresa. Con el análisis de una encuesta – servicio, se pudo conocer por parte de las empresas de cultivos tropicales su percepción acerca del servicio que se les otorga en fumigación aérea de cultivos tropicales. Se realizó un análisis con el modelo de PERT (técnica y evaluación de proyectos); y CPM (método de la ruta crítica); para conocer cuáles son las mejores variables que relacionan las actividades del proceso integro de fumigación de elaboración en el servicio aéreo por medio de ultraligeros, optimizando el proceso integral durante el proceso de prestación de sus servicios.

**Palabras claves:** Investigación operativa. Ultraligeros. Programación lineal. Método simplex. PERT/CPM.

## **Abstract**

This research project consists of carrying out an analysis of companies in the aerial fumigation sector, with the application of operational research management (IO), which helps us to rationalize the costs generated in the fumigation processes of tropical crops by means of ultralight equipment in Ecuador. The analysis of the companies that provide this service is carried out, where an alternative is structured to rationalize costs in their processes, based on an IO management scheme. The current situation of its operational and logistical operation in the fumigation process is described, through the development of a linear programming model with the simplex method that allows the maximization of the utility of the services provided by the companies of this type of services. The technical elements of IO were defined for the optimization of the fumigation processes of tropical crops, thus establishing a business management instrument for the application and efficiency of the fumigation activity specifically for the air service with ultralight equipment in such a way that I can manage to minimize the operating costs of this type of company. With the analysis of a survey - service, it was possible to know on the part of the companies of tropical crops their perception about the service that is granted to them in aerial fumigation of tropical crops. An analysis was carried out with the PERT model (technique and project evaluation); and CPM (critical path method); to find out which are the best variables that relate the activities of the entire process of manufacturing fumigation in the air service by means of ultralights, optimizing the integral process during the process of providing its services.

**Keywords:** Operational research. Ultralight. Linear programming. Simplex method. PERT / CPM.

## Introducción

El objetivo primordial de todas las empresas de fumigación de cultivos consiste en contribuir con un servicio de calidad. Es así, que la investigación próspera en los conocimientos de gerencia, para poder así obtener adelantos en el manejo de los recursos y conseguir la racionalización de los servicios que facilitan estas empresas. Las compañías de fumigación de cultivos tropicales tienen tantas preocupaciones ya que estos están siempre afines con su calidad, así como con el aumento del coste del servicio, la insatisfacción de los clientes y de otros recursos. Todo esto resulta complejo debido a que los servicios de fumigación a través de equipo ultraligeros que actualmente se utilizan y sus costos generados hacen deseable tener una eficaz y efectiva planificación, así como la gestión de aquellos recursos materiales, económicos y humanos, de esta forma se solucionaría la falta de coordinación, para así poder utilizar la capacidad que posee el sistema lo cual garantice un servicio de calidad (Torres, Ortíz, Alvarado, & O. Báez, 2008).

A partir de esta investigación que origina una disciplina denominada investigación operativa (IO); donde se engloban una serie de métodos y modelos matemáticos que nos proporcionan apoyo científico en la toma de decisiones. Por ende, esta metodología científica está afín con la estadística, la misma que además de recoger un amplio abanico de metodologías y modelos de la IO, estas son implementadas con éxito en el entorno empresarial. La IO propone métodos de solución para problemas reales que involucra la gestión y algunas restricciones que en este caso pueden tener los procesos de fumigación de cultivos tropicales, y donde continuamente constan varios criterios para evaluar la interacción de las potenciales soluciones al problema analizado (Pérez C. , 2013).

Las herramientas de IO actualmente utilizadas y más conocidas en la práctica son: la optimización y la simulación. En el caso de esta investigación técnico académica se aterrizará en las técnicas de optimización que proporcionan una serie de algoritmos matemáticos exactos y de tipo heurístico, que permiten encontrar entre los diferentes escenarios probables, así como la configuración del sistema que sistematice una determinada medida de los procesos de fumigación con la utilización de equipos ultraligeros, de esta forma resolver situaciones reales del servicio de fumigación, en la que varios criterios medirán la bondad del funcionamiento del sistema bajo estudio (Basantes, 2015).

El presente trabajo está estructurado en dos partes: la primera analiza alguna de las aplicaciones importantes en la IO dentro de la gestión operativa de los diferentes procesos de fumigación de cultivos a través de equipos ultraligeros. En este apartado no pretende presentar una descripción exhaustiva de las diferentes situaciones reales en las que se aplican técnicas de IO en los procesos de fumigación con ultraligeros, así mismo dar a conocer la utilidad y el uso diligente actual de algunas de estas herramientas matemáticas; la segunda parte de esta investigación recoge algunas de las actividades y servicios operacionales de investigación que trabajan en IO y que a nivel gerencial se aplicarán estas técnicas a los procesos de fumigación de cultivos a través de equipos ultraligeros (Pérez & S. Guerrero, 2015).

# Capítulo 1

## Marco Teórico Conceptual

### Antecedentes de la investigación

#### Antecedentes sobre la fumigación de cultivos

La fumigación tradicional ha estado incluida desde los años 80, dentro de los esquemas de empresas y haciendas productoras de cultivos tropicales, los cuales en la mayoría de casos se presentan problemas tales como: desperdicio de producto, pérdidas económicas, ineficiencia en las aplicaciones, y productos de baja calidad. Las empresas en sus procesos no han generado lean manufacturing, en la utilización de fumigaciones de áreas con ultraligeros destinado a las plantaciones de cultivos tropicales, esto ayudaría a los productores a mejorar sus producciones (Navia, 2019).

La gestión de investigación operativa que se quiere implementar está destinado a las organizaciones dedicadas al servicio de fumigación con el uso de ultraligeros para fumigaciones de grandes, medianas y pequeñas plantaciones. Las consideraciones de este tipo de procesos vinculan elementos internos y externos. Los tópicos externos serán los que están relacionados todos los elementos que se encuentran fuera del ámbito del negocio de los que tienen una relación directa con las operaciones de la empresa de productos agrícolas contratista, donde de una u otra forma influyen en el proceso de trabajo de la compañía de fumigación que le ofrece sus servicios (Escudero & L. Cortez, 2017).

Considerando el tipo de negocio, éste tendrá fuerzas tanto internas como externas, donde las fuerzas externas usualmente se entrelazan al momento de generar un servicio de fumigación entre ellas tenemos: leyes gubernamentales direccionadas al sector agrícola, regulaciones

descritas en la dirección general aeronáutica civil del Ecuador, proveedores y el sector oferente de este mismo servicio que se pueda dar con equipos aéreos. En lo que respecta a las fuerzas internas son las que tienen que ver con las tomas de decisiones gerenciales de los propietarios y administradores del negocio, decisiones que tomen accionistas y los dueños con respecto al sistema operativo de los equipos ultraligeros y las diferentes opiniones basadas en experiencias similares por los empleados y la administración, esto es lo que tiene relación con el sistema operativo de los equipos ultraligeros, estos se da en base a aquellas evidencias empíricas tanto de pilotos, mecánicos y aquellos encargados de la organización y métodos (Mazón, 2014).

Al realizar este estudio es necesario definir la gestión de investigación operativa que se va ejecutar, de esta forma nos proporcionará un servicio óptimo para poder así organizar y desarrollar el uso de ultraligeros para fumigaciones de grandes, medianas y pequeñas plantaciones. Se presenta a continuación algunos estudios que nos sirven como antecedentes a nuestro proyecto de investigación:

Se ha tomado como referencia para la aplicación de la investigación de operaciones el trabajo de titulación: “Análisis y aplicación de un modelo de programación lineal para la optimización de la exportación de flores, 2012-2016. estudio de caso” desarrollado por Villarreal & Vizute (2017), donde se describe la situación del funcionamiento operativo y logístico en el proceso de cultivo para la exportación de flores, asimismo se plantea la optimización de la producción, por medio del desarrollo de un modelo de programación lineal con el método simplex.

Se tomó como referencia el artículo “Fumigación aérea con una nave ultraligera”, desarrollado por Torres, Ortíz, Alvarado & Báez (2008), donde se realiza el diseño y

construcción de un sistema de fumigación de bajo costo, que se adapte a un avión ultraligero que sea económico y las ventajas del uso de ultraligeros para fumigación aérea en cultivos tropicales.

Se consideró como referencia el “Diseño de una empresa de fumigación aérea con ultraligeros para optimizar cultivos tropicales”, elaborado por Guerrero, Silvia (2015), donde el principal objetivo es permitir la mejora en los rendimientos de producción de los cultivos tropicales, por medio de la fumigación aérea con ultraligeros.

Como referencia para este proyecto de investigación se consideró el “Plan de negocio para la creación de una empresa de fumigación aérea por helicóptero”, desarrollado por Rodríguez & Vásquez (2018); quienes diseñaron este plan para la prestación del servicio de fumigación aérea de cultivos, con la implementación de un helicóptero, por cuanto este proporciona muchas ventajas en comparación con la avioneta de fumigación tradicional.

Se consideró para estudio el “Diseño preliminar del Avión USB-001-X para aplicación de insumos agroquímicos”, realizado por Alphonse et al. (2003), donde su objetivo principal es el diseño preliminar de un avión para la aplicación de agroquímicos con una velocidad de aspersión de 60 mph, en un espacio aéreo no controlado.

Otro estudio de referencia es el "Diseño de un sistema dinámico para fumigar parcelas de banano usadas en la evaluación de fungicidas”, realizado por Villamar (2018); donde se elabora un sistema de fumigación aérea por medio de drones de rociador, para realizar la fumigación en grandes plantaciones de banano.

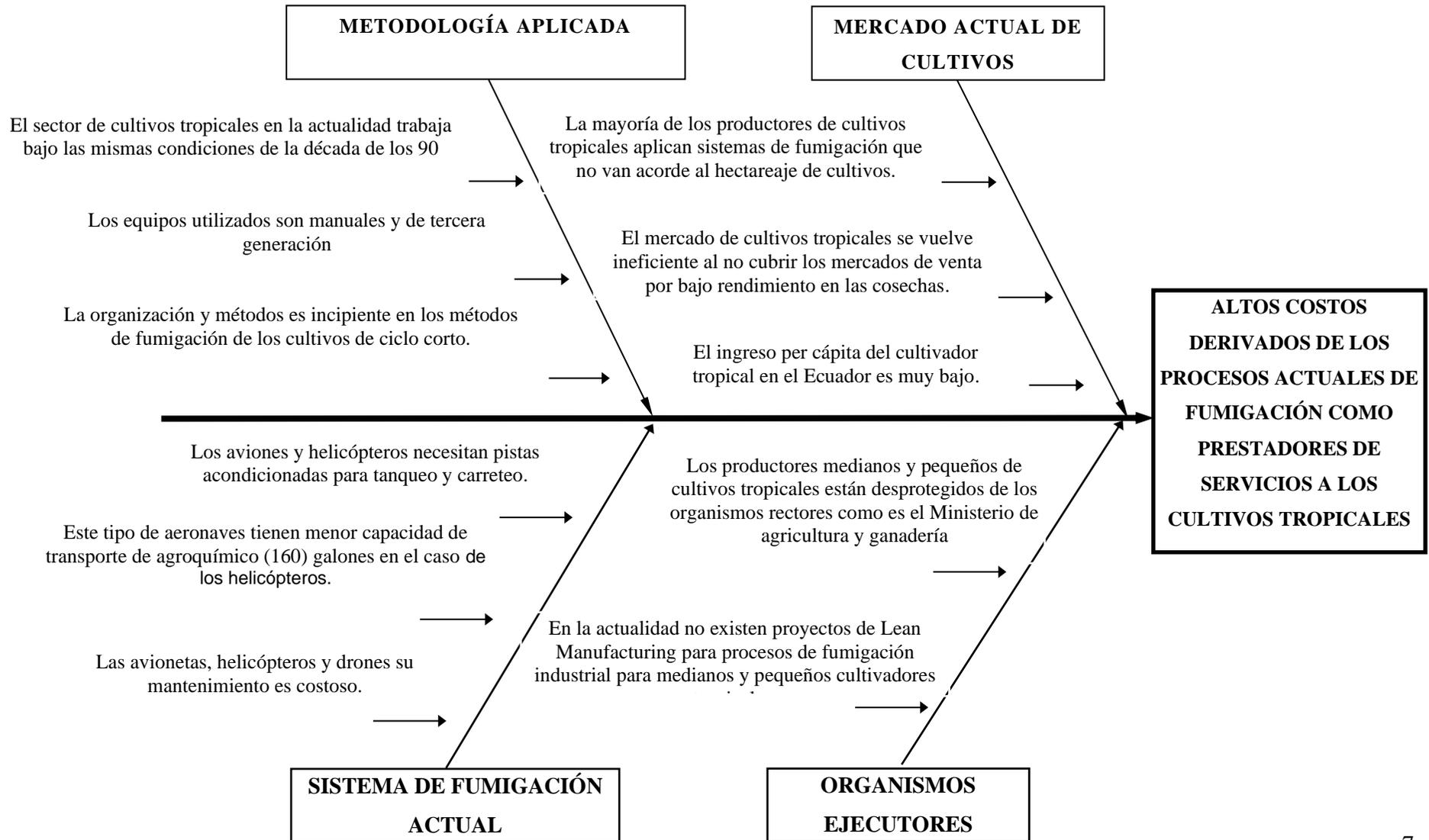
## **Planteamiento del problema de investigación**

### **Matriz: situación problemática**

**Síntomas.** – La propuesta de investigación establece la problemática que se encontró en algunas empresas representativas que entregan servicios de fumigación de cultivos tropicales a través de

equipos ultraligeros donde se tiene lo siguiente: mal manejo de los equipos de fumigación, inexistencia de programas de distribución, horas hombre versus áreas de cultivo, falta de concientización por parte de los productores contratantes del servicio entre otros. Todo esto permite obtener una baja rentabilidad en los cultivos tropicales, donde surgen pérdidas económicas al momento de la cosecha. Además de los problemas de entorno antes enumerados en cuanto a la fumigación que presentan elementos tales como: desperdicio del producto, ineficiencia en las aplicaciones; aplicaciones del producto lo cual realizan sin seguir un cronograma adecuado para el cultivo, de esta forma se evidencia altos costos de producción, con lo cual se obtienen productos que están fuera de los parámetros de calidad (Navia, 2019).

**Causas: Árbol de Problemas Causa-Efecto**



**Pronóstico.** - El seguir utilizando la fumigación aérea tradicional es muy costosa para los medianos y pequeños productores de cultivos tropicales, las aplicaciones de químicos sin cronogramas anuales de fumigación y una mano de obra poco capacitada, generaría consecuencias para los productores, quienes, en mucho de los casos, no llegan ni a cubrir sus costos de producción, terminando con pérdidas y con cosechas que no llegan a tiempo a los mercados para poder ser comercializadas.

### **Delimitación del problema**

**Campo:** Análisis de Gestión Empresarial

**Área:** Empresas de fumigación de cultivos tropicales a través de equipos ultraligeros

**Aspecto:** Estudios Micro-económicos

**Tema:** Gestión de investigación operativa para racionalizar los costos generados en los procesos de fumigación de cultivos tropicales a través de equipos ultraligeros.

### **Formulación del problema**

¿Cuáles podrían ser las estrategias de gestión aplicando las técnicas de investigación operativa, con las que se verían beneficiados la actividad de fumigación de cultivos, desarrolladas a través de equipos ultraligeros, considerado un servicio medular para los medianos y pequeños agricultores de los sembríos tropicales?

### **Sistematización del problema**

¿Qué variedades de cultivo son los que se ven beneficiados con los servicios de fumigación desarrollados a través de equipos ultraligeros?

¿Cómo incidirán los costos generados en los procesos de fumigación con el aporte de la gestión de investigación operativa?

¿De qué manera se afectan los actuales procesos de fumigación de cultivos tropicales que las haciendas y cultivadores locales desarrollan hasta el momento, tomando en cuenta que hay ciertas actividades del servicio de fumigación son ineficientes y con costos elevados?

¿De qué forma son beneficiadas las empresas de fumigación que desarrollan el servicio a través de equipos ultraligeros con la aplicación de la gestión de investigación operativa?

¿Qué instrumentos de gestión de IO se podría aplicar para beneficiar la racionalización de costos generados en los procesos de fumigación, como propuesta de optimización de la gestión empresarial?

¿Cómo nos ayudaría la aplicación de una técnica de evaluación para optimizar tiempos en la fumigación aérea de cultivos tropicales por medio de ultraligeros?

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Estructurar en base a un esquema de gestión de investigación operativa, una alternativa para racionalizar los costos en los procesos de fumigación de cultivos tropicales a través de equipos ultraligeros.

### **Objetivos específicos**

- Definir los elementos técnicos de IO que puedan aplicarse para optimizar los procesos de fumigación de cultivos tropicales.
- Establecer un instrumento de gestión empresarial que pueda aplicarse para el trabajo eficiente de la actividad de fumigación específicamente para el servicio aéreo con ultraligero de tal forma que se pueda minimizar los costos operativos de este tipo de empresa.

- Definir un análisis de PERT (técnica y evaluación de proyectos); y CPM (método de la ruta crítica); para conocer cuáles son las mejores variables que relacionan las actividades del proceso integro de fumigación de elaboración en el servicio aéreo por medio de ultraligeros.

### **Justificación de la investigación.**

Las pymes en el sector agrícola en la actualidad se hacen más competitivas dentro de su ramo que cada vez adoptan más estrategias de gestión empresarial, a fin de garantizar el éxito. Estas empresas están recibiendo aportes para sus procesos de cultivo de negocios de fumigación que están adoptando herramientas de optimización para brindar un buen servicio, esto basado en los nuevos enfoques gerenciales (gestión estratégica, modelo de medición de gestión e investigación operativa); a fin de alcanzar el éxito a corto, mediano y largo plazo con el objetivo de establecer metas que permitan eficientes planes estratégicos del negocio, a través de un compromiso conjunto entre técnicos y colaboradores.

Las nuevas metodologías en los procesos de producción de fumigación han llegado a alcanzar la eficiencia y la calidad en los sistemas de operación de la fumigación aérea, la misma depende de una correcta gestión y planificación tanto de factores externos como internos los mismos que intervienen en el servicio que entregan a las pymes agrícolas de cultivos tropicales. El análisis y racionalización que se propone, no solo tratará mecanismos y métodos para solución de casos, sino que tratará de darle un valor agregado a la operatividad de este tipo de empresas. Todo esto generaría beneficios que están expresados en la optimización de los procesos de fumigación los mismos que repercutirán directamente en una mejora progresiva de la calidad, la minimización de costos y maximización de rendimientos de los procesos de fumigación.

El resultado de la tesis no solamente servirá para una empresa o sector específico que aporta a las pymes agrícolas, esta investigación abrirá nuevos surcos para empresas de este tipo, las cuales expongan situaciones equivalentes a las que aquí se trazan en el diagrama causa – efecto, donde se utiliza como marco referencial a gerentes, dueños de negocios y estudiantes los mismos que están establecidos en el sector productivo del sector agrícola, y el cual no dispone de una racionalización determinada de los costos y métodos que son empleados en las áreas de fumigación por aire.

## **Marco Referencial**

### **Marco Teórico**

#### **Fumigación**

Es aquel tratamiento correctivo o preventivo de diversidad de plagas y aquellas enfermedades que se presentan en un cultivo en específico, lo cual se puede solucionar al utilizar insecticidas o agroquímicos que por lo general son líquidos. La fumigación aérea puede usarse para tratar grandes áreas de forma rápida, en cuanto a diferencia de la fumigación terrestre, la misma puede llevarse a cabo cuando las condiciones del área de cultivos impiden el acceso de vehículos con ruedas, por ende, posibilita que se mejoren los tiempos de fumigación de muchos tratamientos y que se reduzca la compactación del suelo.

Existen, sin embargo, ciertas desventajas asociadas con la fumigación aérea, en cuanto a la alta velocidad del viento y la inversión de temperaturas, las mismas pueden limitar la aplicación de los tratamientos, en cuanto que los árboles, vías de agua, otras consideraciones ambientales y las líneas eléctricas aéreas, podrían impedir tratarse algunos campos de cultivos tropicales. En cuanto que la volatilidad y la deriva de la fumigación pueden ser un problema con

la aplicación aérea y la contaminación ambiental, esta puede ser de gran significancia si el rociado se ejecuta en forma incorrecta (Torres, Ortíz, Alvarado, & O. Báez, 2008).

### **Aviones ultraligeros**

Volar siempre ha sido uno de los grandes sueños del hombre, esto acontece desde tiempos remotos ya que siempre admiraba a las aves, por ende, siempre estaba en busca de conocer la forma de lograr y poder imitar su capacidad de atravesar por las alturas; en aquel el proceso hubo diversidad de intentos, diseños y experimentos, los cuales resultaron ser muy exitosos y otros no lo llegaron a ser, es así que poco a poco fueron descubriendo hasta llegar a las modernas aeronaves que se conocen actualmente; se conoce que los aviones ultraligeros van de la mano de los aviones debido a que en sus inicios todos los aviones eran ultraligeros, esto se daba por sus motores pequeños y de peso liviano.

La última generación de ultraligeros son pequeñas avionetas que permiten travesías y maniobras hasta hace poco impensables en este tipo de aeronaves, se conoce en la actualidad que estos aviones ultraligeros se ocupan para diferentes trabajos como son: la fotografía aérea, el reconocimiento aéreo, el deporte extremo que es el más común, así como la recreación; en este proyecto de investigación se estudiará una nueva alternativa que resulta innovadora al utilizar el avión ultraligero en forma de un avión fumigador (Salvador, 2016).



*Figura 1 Avión Ultraligero*

**Características.** – Se conoce a los aviones ultraligeros como aquellas aeronaves de estructura ultraligera las cuales poseen características como: aviones terrestres, anfibios o acuáticos los mismos deben tener hasta dos plazas, poseen una velocidad calibrada, así como pérdida en configuración de aterrizaje la cual no debe ser superior a 65 km/h., así mismo la masa tolerada en el despegue no debe ser superior a 300 kg. esto en el caso de aviones terrestres monoplasas, 450 kg. para aviones terrestres biplaza y 330 kg. que sería para aquellos hidroaviones o aviones anfibios monoplasas, y de 495 kg. para anfibios biplaza.

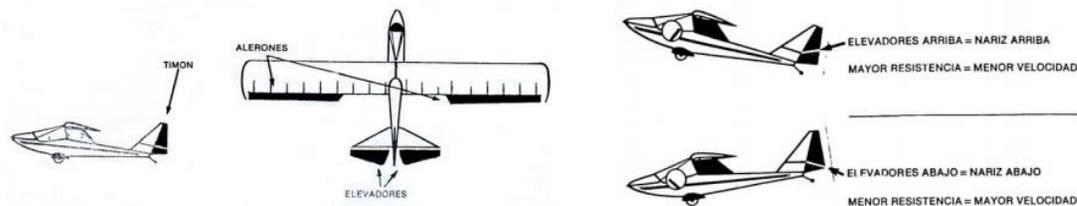
Se conoce que los ultraligeros tienen una estructura muy visible, esta es de tubo de aluminio aeronáutico el cual va entelado en las superficies de sustentación y con velocidad de vuelo que es de aterrizaje bajo, estos son muy seguros solo en caso de un fallo en el motor se puede aterrizar en espacios muy cortos. También hay otro tipo de aviones ultraligeros los cuales son denominados como pendulares o strikes, los mismos son una evolución de las alas deltas motorizados así mismo poseen un carro en donde van los tripulantes, de igual forma tienen características de vuelo similar a los anteriores de tubo y tela; estos ultraligeros son de segunda generación ya que son producto de la evolución de los de tubo y tela, los cuales son totalmente carenados y disponen de mejores prestaciones, de esta manera permite lograr una mayor distancia en sus vuelos (Ernesto Martínez, 2018).

Existe otra tercera generación que tienen las mismas características de tubo y tela, incorporados con nuevos materiales, tienen fibras de carbono para recubrimientos y cabina, de esta forma poder obtener mejores prestaciones en autonomía hasta unos 1.200 km., y una velocidad de crucero de hasta 190 km/h., estos podrían lograr a una altura de servicio de vuelo que es de hasta 4.500 m., debido a ello que resultan ser muy apreciados por los pilotos. Estos modelos están combinados por un paracaídas balístico de emergencia el mismo que dispone de

un cohete que permite estirar el paracaídas permitiendo así un despliegue mucho más rápido (Salvador, 2016).

**Controles del ultraligero.** – Se compone de tres controles principales entre ellos tenemos: elevadores, timón de dirección y alerones; aquellos elevadores son accionados por el movimiento de la columna de control hacia atrás y hacia delante, dándose en primera instancia que los elevadores suban provocando una reacción aerodinámica, la misma que baja la cola de la aeronave subiendo la nariz. Para el segundo caso sucede lo contrario, se tienen los elevadores que son el control principal del cabeceo de la aeronave, aquí los alerones son actuados por el movimiento del bastón de control hacia ambo lados, y éstos serían el control fundamental del alabeo.

En caso de que se encuentra sentado en el interior de la cabina de un ultraligero, estando ya en vuelo desea inclinar la aeronave hacia la derecha, esto se podría lograr con el bastón que se deberá mover hacia la derecha y el alerón derecho sube, en cuanto que, el alerón izquierdo tiende a la baja esta reacción aerodinámica originada que forzará a subir la semi-ala hacia abajo, de lo contrario ocurrirá en la otra semi-ala, ver figura 1 (Torres, Ortíz, Alvarado, & O. Báez, 2008).



*Figura 2. Controles y funciones principales*

## **Tipos de ultraligeros:**

### **Pendulares o Trikes**

Surgen a finales de los 70 como una versión avanzada de las alas delta en las que se le incluye un motor en la parte trasera y un carro o “trike” donde van uno o dos pasajeros. El movimiento se consigue en dos ejes de giro desplazando el centro de gravedad de los ocupantes al igual que en las alas, estos son muy similares a un ala delta, las cuales utilizan el mismo concepto de vuelo, exclusivamente motorizado, consta con su estructura triangular, tiene uno o dos asientos y la bomba para fumigar o para tener su reserva de combustible. Otros son de aterrizaje, con despegue y vuelo lento, los cuales pueden aterrizar en pistas cortas, y por lo tanto son aeronaves seguras las cuales se usan para vuelos cortos (Ramirez, 2012).

### **Tubo y tela**

Son aquellos que poseen un marco de aluminio el mismo está cubierto con tela sobre la superficie de sustentación, en algunas ocasiones sucede que vienen con un carenado que es relativamente pequeño, es una aeronave de recorrido lento lo cual se da tanto en vuelo como en aterrizaje, es por ello considerada como segura, la cual podría ser tipo monoplaza o biplaza, los mismos tienen formas sencillas y muy ligeras, han sido construidos con tubos de duraluminio y tela sintética de dacron sobre las superficies de control y sustentación, la motorización normalmente de dos tiempos, con poca autonomía de vuelo y baja velocidad, pudiendo operar desde superficies cortas no preparadas (Ramirez, 2012).

### **Autogiros**

Estos constan de alas rotatorias, lo cual a partir de esta aeronave se efectuó el modelo de los presentes helicópteros, que resultan más seguros que los aviones debido a que eliminan la

perdida de sustentación, esto es con el objetivo de ampliar las distancias del recorrido, por ende, tanto los ultraligeros como los autogiros son más avanzados cada año, estos corresponden a una evolución sencilla y de bajo peso de autogiros, disponen de un motor impulsor y alas rotatorias o hélices que generan la sustentación, también tienen superficies de control de dirección y profundidad, en cuanto a su mecánica es algo compleja, donde su seguridad de vuelo y maniobrabilidad es alta evitando la pérdida. Disponen de poca autonomía y necesitan de muy poco terreno para el despegue y aterrizaje, hasta ahora y para el futuro más inmediato se sigue investigando y avanzando en que materiales son necesarios para la construcción de estos aviones más ligeros y resistentes, de igual forma que motores proporcionan menos consumo y que sean más potentes (Cerón, 2013).

### **Boom de fumigación**

Consta de un tubo largo al cual se ajustan las mangueras que van acopladas al tanque fumigador, van instaladas unas boquillas en las mangueras para expender el producto agroquímico, este tiene aproximadamente 8,25 metros de extensión, con ancho de pasada y de 10 metros más traslape, es fácil y rápido de acoplar el boom, lo cual permite instalarlo en muy poco espacio, para así poder volar con el mismo plegado de esta forma ofrece menor resistencia al avance aéreo.



*Figura 3 Boom de Fumigación*

El autogiro va equipado con un depósito de producto de 120 litros de capacidad y un banderillero satelital por GPS. Donde se tiene que el ajuste de presión de las bombas de fumigación se debe y puede hacerse con el motor parado, lo cual aporta tranquilidad de operaciones y de ajuste del sistema de fumigación con la máxima seguridad (ElaAviación, 2020).

### **Boquillas**

Estas son pequeños tubos, que están armados con piezas tubulares y posee pequeños orificios los cuales permiten la salida de los líquidos a emplear, los mismos que pueden ser de caída por aspersión inversa y por gravedad.

### **Avión fumigador**

Es una aeronave particularmente construida para realizar actividades agrícolas como la fumigación y fertilización, también se pueden usar los de ala fija o recta, así como helicópteros implementados para esa actividad. Un avión fumigador ultraligero es una aeronave construida o convertida para el uso agrícola, esto es para la aplicación aérea de fertilizantes (abonos) o plaguicidas (fumigación) (ONU, 2002).



*Figura 4 Avión Fumigador*

## **Rendimiento**

Este consiste en cumplir con todos los estándares establecidos para lograr el resultado esperado, así mismo existen factores tanto internos como externos los cuales permitan influir en forma negativa o positiva al resultado final requerido, al ser la fumigación una práctica indispensable para la sanidad y la calidad de los productos agrícolas, estas aseguran rendimiento óptimo de los cultivos, así como del trabajo que se ha realizado por meses. De esta forma al fumigar varias hectáreas por el uso de ultraligeros, donde los productos usados tienen un mayor rendimiento debido a que se pueden tener cargas de mayor cantidad de litros, existiendo así poco desperdicio, lo cual asegura una penetración por la potencia con la que es lanzado el producto sobre el área de cultivos (ONU, 2002).

## **GPS**

El Global Positioning System, es un equipo que resulta compacto o muy estructurado, esto puede depender del grado de precisión que se desea obtener en una medición. Hay GPS estándar que por lo general tienen un rango de fallo entre 1 a 5 m. y se usan para medir aquellas áreas medianas y grandes, así como determinar posiciones las cuales funcionan por medio de satélites (Joglar, 2018).

## **Investigación de operaciones**

La Investigación de Operaciones consiste en un conjunto de técnicas matemáticas las cuales permiten determinar el curso de acción óptimo de un problema de decisión, donde se aplica la restricción de recursos limitados, asimismo puede verse como el enfoque científico interdisciplinario el cual nos permite resolver problemas de interacción compleja, dinámica y

subjetiva de métodos humanos y sistemas, donde en algunos casos no se les proporciona solución exacta por medio de las matemáticas, por cuanto, de forma general estos problemas se caracterizan por la necesidad de la asignación de recursos limitados que nos ayuden a obtener soluciones óptimas de acuerdo con algún objeto.

La Investigación de Operaciones, utiliza elementos técnicos como recurso primario diferentes modelos matemáticos que nos ayuden en la cuantificación y acotación de problemas que se dan dentro de un marco de restricciones, medidas, objetivos, y variables, de esta forma se puedan obtener controles óptimos de operación, niveles, decisiones, y soluciones, este procedimiento consiste en realizar la construcción de un modelo de decisión que nos permita a posterior encontrar su solución con el objeto de lograr la decisión óptima. Se tiene las técnicas de Investigación Operativa más usadas entre ellas tenemos: Programación PERT-CPM, Modelos de flujos, Teoría de Colas, Teoría de Juegos, Cadenas de Markov, Teoría de Inventarios, Programación Entera, Programación Lineal, Programación No Lineal, Programación Dinámica y Simulación (Rincón, 2001).

Conocemos que el Ecuador es un país por excelencia agrícola, el mismo que cuenta con diversidad de cultivos y de grandes extensiones, entre los cultivos con mayor extensión en diferentes provincias que corresponden a nuestro mercado potencial tenemos en primer lugar el arroz que es el de mayor extensión de sembríos en la región costa según datos del INEC, por cuanto este es uno de los productos de nuestra alimentación básica diaria. Otro cultivo de gran importancia es el de maíz, por cuanto, este es el tercer producto de mayor extensión en la región costa, donde el 41% de este producto se encuentra en la provincia de Los Ríos, en Manabí y Guayas representan el 40% teniendo en esta región aproximadamente el 82% de este tipo de cultivo (INEC, 2019).

El servicio de fumigación con ultraligero en promedio se encuentra en \$10.00 por cada hora de vuelo, donde estos tienen un límite de vuelo de 120 horas al mes, se tiene que el costo de combustible para ultraligeros por galón de combustible es de \$5, donde la autonomía de combustible es de 30 galones para ultraligeros que le permiten operar de forma óptima durante el día lo cual determina que se pueden fumigar hasta 20 has en cada hora de vuelo, el mantenimiento del ultraligero se lo debe realizar cada 120 horas de vuelo.

### **Marco Conceptual**

**Asignación.** - Es un modelo particular de la programación lineal cuya estructura es similar al tipo de transporte, donde la asignación en tan solo una, tanto por fila, así como por columna.

**Criterio de optimización.** - Criterio o enfoque máxima es un criterio de decisión optimista para maximizar el rendimiento máximo.

**División de trabajo.** – Son aquellas tareas distintas en la cual se distribuye el trabajo necesario de esta forma se puede obtener la producción de cierto bien o servicio, estas mismas tareas han de ser realizadas por variados trabajadores que son especialistas en cada una de ellas.

**Enfoque algebraico.** - Operación que consiste en dar mayor nitidez a la imagen y reproducirlo en algún determinado plano, de esta forma también estudia la cantidad considerada del modo más general, el cual se vale de letras para representarlas; así mismo tiene por objeto generalizar y abreviar la solución de los problemas numéricos.

**Evaluación de proyectos.** - Es aquel sistema por medio del cual se evalúa una actuación determinada la cual tiene relación al volumen de inversiones, rentabilidad económica y social que se logre alcanzar.

**Implantación de la estrategia.** – Son aquellas acciones asignadas y que están manifiestas basadas en los compendios de la organización para lograr alcanzar los objetivos pronosticados.

**Incertidumbre.** - Característica de un fenómeno o situación en la que, a pesar de repetirse variadas condiciones en las que se establece o se precisa, ya que no necesariamente se llega al mismo resultado. De esta forma en el contexto de toma de decisiones es preciso distinguir entre lo que es incertidumbre y riesgo, esto se ha dado a que ambas modalidades requieren de tratamientos específicos.

**Inferencia estadística.** - Es el proceso inductivo que trata de obtener información acerca las características de una población que se dan a partir de los datos de la muestra, es en este procedimiento estadístico que se trata también de afirmar el grado de confianza que se tiene en la precisión de una medida, son medidas estadísticas que corresponden a estimaciones de los valores "verdaderos", pero desconocidos, de una característica.

**Investigación de operaciones.** - La IO espera establecer el mejor curso de acción, así como el curso óptimo de un problema de decisión, esto es con la restricción de recursos limitados, el cual aplica técnicas para la resolución de problemas, esta investigación de operaciones debe concebirse como una ciencia, así como un arte, esto es debido a que como ciencia radica en entregar técnicas y algoritmos matemáticos en la búsqueda de resolución de resolver problemas de decisión muy adecuadas.

**Investigación operativa.** - La IO se considera como una rama de las Matemáticas que aplica modelos matemáticos, así como estadística y diferentes algoritmos con el objeto de ejecutar un proceso de toma de decisiones; continuamente trata el estudio de sistemas reales complejos, esto es en busca de mejoras para optimizar el funcionamiento de los mismos. Esta se realiza en ciertas etapas la mismas que deben seguirse en cualquier estudio de la IO; primero inicia con la identificación del problema hasta llegar al implante y así obtener la evaluación final del sistema que fue diseñado para solucionarlo. Se deben seguir algunas etapas para que sea posible y esperar cierto grado de éxito en la ejecución del proceso de planteamiento de modelos, a partir de ello se debe aplicar el proceso de solución de problemas.

Las etapas para su solución son:

- a. Identificación / observación / planteamiento del problema.
- b. Construcción del modelo.
- c. Generación de una solución.
- d. Evaluación / prueba de la solución.
- e. Implante.
- f. Evaluación.

**Investigación y desarrollo.** - Es el conjunto de actividades, aquellos recursos materiales y humanos que están dedicados a la investigación científica y al avance tecnológico.

**Modelo estático.-** Este modelo matemático es aquel donde todas las variables notables son cuantificables, por lo cual, es necesario representarlas por símbolos matemáticos, ya que por sus características se definen estos modelos en un punto fijo de tiempo lo cual supone que las condiciones del modelo no tienden a cambiar para este periodo en específico y en el proceso de

solución del modelo, de esta forma las decisiones se toman en un solo periodo no tomando en consideración sus efectos sobre periodos futuros.

**Modelo matemático.** – Se aplica este modelo cuando la función objetivo y las limitaciones del modelo se expresan en forma cuantitativa o matemática, así como funciones de las variables de decisión, este modelo matemático se define como una función objetivo la misma que está expresada en términos de las variables de decisión del problema, por ello, es necesario representarlas por símbolos matemáticos; así mismo, se emplean cuando las restricciones del modelo y la función objetivo las mismas que se pueden expresar de forma cuantitativa o matemática, al mismo tiempo como funciones de decisiones, es así que, todas las variables que son relevantes tienden a ser cuantificables.

**Óptimos alternativos.** - Es aquella ilustración donde el contorno del objetivo óptimo concuerda con una de las rectas de restricción por encima de la frontera de región posible y donde habrá soluciones óptimas, esto se da, según sean los vértices y todos los puntos frontera intermedios entre ellos.

**Avión Ultraligero.** - Un ultraligero es una pequeña aeronave el cual posee una estructura simple y ligera, puede ser diseñada para un solo ocupante o para dos ocupantes así mismo como un espacio para equipaje, para combustible o algunos implementos, su velocidad podría llegar a 100 km/h en contra del viento (Ramirez, 2012).

**Producción agrícola.** – Está basada en la medición económica de la rentabilidad de algún cultivo, plantación, ganaderías entre otros; de esta forma permite definir las ganancias las mismas que son generadas por medio del análisis del producto final (Lora & Prada, 2016).

**Rentabilidad.** - Es la capacidad de poder generar un valor agregado sobre la inversión en la propuesta de racionalizar los costos actuales generados en los procesos de fumigación, siempre y cuando se genere una ganancia adicional a la que ha sido invertida, actualmente existen varios tipos de rentabilidad como son: económica, social y financiera.

**Análisis de mercado.** – Interviene conjuntamente con la investigación de mercado, debido a que, está implicado en medir la extensión del mercado, así como determinar sus características concluyentes.

**Análisis costo-beneficio.** – Se conoce como un método que se utiliza para medir las relaciones funcionales, con relación a los aspectos más importantes de los beneficios obtenidos, donde se consigue identificar la estructura del beneficio de una organización determinada.

**Análisis administrativo.** – Consiste en una investigación de forma sistemática sobre las causas y las posibles soluciones de los diferentes problemas administrativos y gerenciales, que se localizan dentro del marco del método científico empleado.

**Análisis / estructura / mercado.** – Basado en el estudio de las ofertas de productos competitivos, así como de las preferencias del comprador, con ello se logra diseñar las características de los artículos, los mismos que determinan a qué segmentos de compradores/consumidores deben destinarse.

**Análisis de sensibilidad.** – Es aquel método empleado que permite establecer la sensatez de una decisión que está basada en estimaciones, así mismo mide las diferencias entre las valoraciones teóricas y las prácticas, sin invalidar la decisión.

**Estudio de mercado.** – Es aquella investigación basado en todos los aspectos relativos al mercado actual, así como al potencial de un producto.

**Estudio / organización / métodos.** - Técnicas aplicadas procedentes de la ingeniería industrial y psicología industrial, que se ocupa del esquema del equipo y de aquellas condiciones de trabajo, en consideración con el análisis de las funciones corporales, así como de aprendizaje, las capacidades sensoriales humanas psicomotoras, la seguridad y satisfacción.

**Estudio de recursos.** - El que se ocupa de los movimientos de equipos y materia prima realizados por los trabajadores, cuyo objetivo es mejorar la producción y evitar pérdidas de tiempo innecesarias.

**Estudio / viabilidad.** – Compete a la investigación la cual está enfocada en establecer las eventualidades, con ello se lograría obtener el propio éxito con respecto a alguna actividad la misma que tiene relación con limitaciones existentes y recursos disponibles.

**Métodos empíricos.** - Están definidos de esa manera ya que su fundamento reside en la valoración directa del problema y del objeto de investigación.

## **Marco Legal**

Según Registro Oficial N° 431 -- miércoles 4 de febrero de 2015 de la Producción, proceso y Formulación en el Art. 6, las compañías importadoras, formuladoras y exportadoras de agroquímicos, almacenistas agrícolas, distribuidoras, envasadores, re-ensavadores y aquellas empresas de sanidad vegetal, están obligados a obtener el Registro ante La Autoridad Nacional Zoosanitaria, Fitosanitaria e Inocuidad de los Alimentos; asimismo están obligadas a obtener la

regularización ambiental de la obra, actividad o proyecto ante la Autoridad Ambiental competente.

Autoridad Ambiental Nacional (MINISTERIO DE AMBIENTE - MAE), de las empresas de sanidad vegetal: empresas de aplicación de agroquímicos aéreas y terrestres se debe:

- Velar por la seguridad y salud del personal a su cargo, y entregarán al trabajador expuesto a agroquímicos, el equipo de protección personal limpio y en buen estado, el mismo que debe ser reemplazado después de cumplida su vida útil.
- Capacitar en el uso y manejo de agroquímicos, prevención y manejo de derrames, prevención y primeros auxilios en intoxicaciones a todo el personal involucrado.
- Controlar que los trabajadores no realicen acciones que pongan en riesgo su salud durante el manejo de agroquímicos como: beber, comer, fumar, limpiarse la cara, ojos o nariz; así como incentivar el uso de equipos de protección personal y la posesión del certificado de aptitud ocupacional para el puesto de trabajo que ocupa (Constitución de la República del Ecuador, 2015).

De la aplicación, Art. 10. Para la aplicación de agroquímicos en el sector agrícola se considerarán las formas aérea y terrestre, para lo cual deberá tenerse en cuenta y cumplirse las disposiciones establecidas por la Autoridad Agropecuaria Nacional, Autoridad Ambiental Nacional, la Autoridad Nacional Fitosanitaria, zoonosanitaria e inocuidad de los alimentos y demás instituciones competentes.

Art. 11. Para la aplicación de agroquímicos deberán usarse equipos en perfecto estado de funcionamiento, de modo que no constituyan riesgo para la salud del operario y eviten fugas que puedan causar daño a la salud de la comunidad y/o al ambiente. Las autoridades periódicamente

practicarán visitas a las empresas de aplicación aérea y terrestre y sitios de aplicación de agroquímicos, en el área de su competencia conforme a lo establecido en la Normativa ambiental vigente (Constitución de la República del Ecuador, 2015).

### **Permiso de funcionamiento para fumigación de cultivos**

Los permisos de funcionamiento son documentos otorgados por la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA), a los diversos establecimientos sujetos a control y vigilancia sanitaria para su puesta en marcha. El documento otorgado por la ARCSA a los establecimientos sujetos a control y vigilancia sanitaria, los mismos deben cumplir con todos los requisitos para su funcionamiento, establecidos en la normativa vigente, a excepción de los establecimientos de servicios de salud (ARCSA, 2019).

### **Normativa Ambiental - Licencia Ambiental**

Dentro de esta categoría, se encuentran catalogados los proyectos, obras o actividades cuyos impactos ambientales y/o riesgo ambiental, se consideran de bajo impacto; para ello todos los proyectos, obras o actividades catalogados dentro de ésta categoría, deberán regularizarse mediante el SUIA, y obtener una licencia ambiental, las mismas son entregadas por el Ministerio del Ambiente, a partir del análisis y evaluación del impacto ambiental de cada empresa, por cuanto este documento es obligatorio para que las empresas dedicadas a la fumigación en áreas agrícolas midan el daño de sus actividades productivas con el medio ambiente (Ministerio del Ambiente, 2015).

## Capítulo 2

### Marco metodológico

#### Tipo de Diseño, alcance y enfoque de la investigación

Para implementar los procesos metodológicos en base al diagnóstico actual se requiere de algunas herramientas científicas en el campo de la investigación, donde se utilizaría las metodologías descriptiva y exploratoria, basándose en la siguiente temática:

- Obtención de la información de datos estadísticos de la cartera de clientes que manejan las empresas de fumigación, de esta forma se logrará conseguir el objetivo de obtener un presupuesto de aquellos materiales que se requieren utilizar en las empresas que contratan nuestros servicios.
- Recopilar toda la información posible existente para lo cual se remitirá a diversas fuentes de información proporcionada por instituciones como: Empresas de aplicación aérea en el Ecuador, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Banco Central del Ecuador.
- Se realizarán entrevistas a expertos en los servicios de fumigación de cultivos tropicales, así como productores de estos cultivos (González, 2003).

#### Diseño de investigación

Es necesario indicar que, al realizar diversos estudios sobre la fumigación de cultivos tropicales a nivel nacional, se aborda una problemática de diversidad de campos, se evidencia que hasta el momento no existe alguno que realice este tipo de estudio por medio del planteamiento de modelos matemáticos de programación lineal, con lo cual se podrá optimizar

los recursos de las empresas de fumigación de cultivos tropicales, por ende, este estudio se posiciona dentro del campo de la investigación experimental.

### **Enfoque de la investigación**

En la investigación es necesario mantener un enfoque cuantitativo, el mismo se centra en base a la observación de las diferentes variables que se obtienen antes del respectivo desarrollo, a partir de ello se podrá realizar la aplicación de un modelo que nos permita optimizar las ganancias y así poder minimizar los costos. Por ende, se requiere que la investigación debe ser desarrollada en base a la ubicación de algún escenario que, sea de tipo experimental, el cual debe ser de campo, para así lograr la determinación de variables notables que conformarán el modelo por medio de una función objetivo. El método de aplicación necesario para este desarrollo es aquel que permitirá trabajar aquellos problemas de programación lineal.

### **Métodos de investigación y perspectiva general**

Para la elaboración del presente trabajo se utilizaría una metodología descriptiva y explorativa, basándose en la siguiente temática:

- Obtención de información cuantitativa estadística mediante análisis de empresas fumigadoras de cultivos a nivel nacional.
- Recopilar toda la información posible existente para lo cual se remitirá a diversas fuentes de información proporcionada por instituciones como: Superintendencia de Compañías, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Empresas de aplicación aérea en el Ecuador, Banco Central del Ecuador, Manifiestos y otros Organismos Internacionales.

- Con base en la información conseguida se procederá a realizar: el análisis metodológico de IO, análisis económico y de mercado, proyecciones, anexos con información de ayuda, conclusiones y recomendaciones.

### **Unidades de análisis / población y muestra**

La unidad de análisis son los tipos de negocios cuyos procesos operacionales vinculan a la fumigación aérea, y a través de esto proyectar la imagen del servicio que se entregan a las pymes de cultivos tropicales agrícolas; el objetivo del estudio para la aplicación de la propuesta, es mejorar los servicios que brindan las empresas de fumigación de cultivos, por ende, al ser pequeña la población encuestada esta se encajará por su tamaño en el tipo de población finita ya que la muestra que la forman es determinada.

**Muestra:** Para la selección de las empresas que serán encuestadas se seleccionó tres lugares específicos en función de su radio de acción y que son los sitios donde regularmente prestan sus servicios: provincia de Los Ríos, haciendas localizadas en los sectores de Pueblo Viejo, Ventanas y Quevedo; así como en otras provincias en este caso de El Oro y en sectores colindantes de la ciudades de Machala y Zaruma, de igual forma en la provincia del Guayas, en los alrededores de Salitre y Samborondón. Es así que para que una muestra sea representativa, y de gran utilidad, la misma debe reflejar aquellas similitudes y diferencias encontradas en la población en estudio, de esta forma ejemplificar las características de la misma. "La muestra es considerada como un segmento de población en estudio, donde la misma sirve para representarla". Las muestras tienen un fundamento matemático estadístico, como la población es finita, se puede formar la generalización o inferencia instaurada matemáticamente de que dichos

resultados son válidos para dicha población, dentro de unos límites de error y probabilidad (Rustom, 2012).

### **Delimitación de la población**

Bajo un razonamiento experimentado, se sostiene por tanto conocer la muestra a la cual se cuestionará de los pormenores de los servicios de fumigación, considerando que para este tema la plaza es considerada como finita. Dado el caso de poblaciones finitas, estas son del tipo de muestreo aleatorio, es aquel que, sin importar el tipo de muestreo (con o sin reemplazo, ordenado o no ordenado), todas las posibles muestras tienen la misma posibilidad de ser elegidas (Rustom, 2012).

Se cuantifica un universo de 65 empresas correspondiente al año 2019, En base a este universo se obtuvo una muestra técnica de 42 compañías potenciales en el periodo antes señalado.

Para el estudio de mercado, se usó la fórmula para calcular n, tamaño de la muestra. Se tomó en consideración varios aspectos referentes con el parámetro y estimador, el respectivo sesgo, el correspondiente error muestral, su nivel de confianza y la varianza poblacional; por ende, los datos que están considerados en la fórmula son los siguientes: la población N; nivel de confianza de un 95%, donde tenemos ( $z=1,96$ ); donde al ser la característica del diseño de muestra binomial (50% de éxito p y 50% de fracaso q) y un error máximo permisible del 9%.

$$n = \frac{z^2 \cdot N \cdot p \cdot q}{\epsilon^2 \cdot (N-1) + z^2 \cdot p \cdot q}$$



corresponden a la disponibilidad de recursos, sus especificaciones técnicas, así como otras condicionantes que pueden limitar la libertad de elección (Valencia, 2018).

Por medio de la programación lineal se puede agregar un sistema de servicios empleando un modelo matriz en el que se pueden incluir aquellos: costos, ingresos, disponibilidad de recursos, requerimientos y aportes de insumos, las especificaciones empresariales y técnicas, mano de obra, etc. Con este método matemático se determinará la mejor forma para distribuir aquella cantidad de recursos que son necesarios para maximizar las utilidades en las empresas de fumigación (Gómez, Quizhpe, Aguilar, & Quizhpe, 2018).

### **Técnicas de recolección de datos**

Por medio de la recolección de datos que nos ayude a conseguir los objetivos propuestos en este proyecto de investigación, se debe conocer cuál es situación actual de las empresas de fumigación de cultivos tropicales, donde se examinará aquellas bases de datos de las diferentes empresas que prestan estos servicios, que nos permitan recabar información de las actividades realizadas y su margen de utilidad actual, para así aplicar una gestión de investigación operativa que permita racionalizar los costos generados en los procesos de fumigación de cultivos tropicales a través de equipos ultraligeros.

La información se obtendrá de las fuentes oficiales como el Banco Central del Ecuador, Cámara de Comercio, Superintendencia de compañías, Servicio de Rentas Internas, entre otras asociaciones de compañías de fumigación de cultivos tropicales; a partir de la recopilación de información y según sus competencias establecidas dentro de la normativa ecuatoriana, se podrá facilitar información de mucha importancia para poder determinar el sector de servicios de fumigación. Una vez obtenida la información necesaria, se generará el respectivo análisis del

sector de fumigación de cultivos tropicales, donde se determinará las empresas que prestan sus servicios a las compañías de cultivos tropicales a nivel nacional.

Se efectuará un análisis, que permita definir los requerimientos específicos necesarios para proporcionar un servicio óptimo a las empresas que requieran la fumigación de sus cultivos tropicales, para ello se deberá identificar la existencia de contratos vigentes y los tipos de mecanismos que faciliten e incentiven en las diferentes negociaciones, para promocionar los servicios de fumigación de cultivos tropicales por medio de equipos ultraligeros.

### **Modelo de Programación Lineal Simplex**

La programación lineal es un modelo de la investigación operativa que nos ayudará a resolver los problemas lineales, aplicando las técnicas matemáticas del método gráfico o simplex, es así que podremos llegar a la solución óptima del problema, esto constituye una forma sistemática, donde se emplea un proceso interactivo para la búsqueda intensiva a través de todas las posibles soluciones. Con este método simplex al ser interactivo se logrará optimizar los recursos de forma muy eficiente, es aquí donde intervendrán diversas variables que nos ayudarán a resolver el problema actual.

A partir de ello podemos determinar que las empresas que brindan sus servicios de fumigación, puedan maximizar sus ganancias; todo esto se logrará conociendo que cantidad de hectareaje pueden cubrir con la prestación de sus servicios de fumigación de cultivos tropicales para así lograr competir de manera óptima en el mercado nacional.

## **Función Objetivo**

En cuanto a la función objetivo, la misma que busca maximizar las utilidades, por medio de una ecuación la cual está dada de modo lineal, podemos comprobar que todas las variables presentes tengan una potencia de uno.

El objetivo principal es representar la meta que se desea lograr en la prestación de servicios de fumigación, esto sería considerando los costos en dólares que representa la adquisición de la materia prima y materiales necesarios, para conseguir un precio de venta óptimo a partir del servicio de fumigación a las diferentes compañías que lo requieran, lo cual nos ayudará a determinar las utilidades de las empresas fumigadoras.

Se representa a la función objetivo de la forma siguiente:

$$Z_{\max} = U_1 X_1 + U_2 X_2 + \dots + U_n X_n$$

Utilizando la notación de sumatorias existentes:

$$Z = \sum_{j=1}^n U_j X_j$$

Tenemos así:

$Z$  = Función objetivo lineal  $U_j$ = Utilidad neta del modelo.  $X_j$ = Actividad o proceso.

## **Variabes de decisión**

Las variables consideradas para el modelo se describen a continuación:

$$X_1, X_2, X_3, X_4, \dots, X_n$$

Donde  $X$  corresponderán al tipo de servicios de fumigación que prestan las empresas.

## Restricciones

La forma estándar del modelo adaptado al método simplex consta de variadas restricciones, donde la función objetivo se encuentra sujeta a las mismas, lo cual debe cumplir diversas condiciones, ya que el objetivo principal consiste en maximizar aquellos valores de la correspondiente función objetivo, por ende, se logrará incrementar ganancias y así mismo reducir pérdidas. Todo esto se representa por medio de desigualdades lineales, que están compuestas por los diferentes coeficientes técnicos que son las variables: A, B, C, D...N tomadas para el modelo y donde ( $X_n$ ) será los diferentes servicios de fumigación que tienen las empresas, de esta forma se tomaron en cuenta para la función objetivo, donde tenemos niveles o limitaciones ( $D_j$ ) que es aquella disponibilidad que tienen la empresas en base a las variables citadas (Valencia, 2018).

Las restricciones deben ser de tipo lineal, las mismas deben adoptar algunas de las siguientes formas:  $\leq$ ,  $\geq$ , o  $=$ , esto significa que las restricciones tienden a ser siempre cerradas.

Estas se expresan de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}A_{11}X_1 + A_{12}X_2 + A_{13}X_3 &\leq DA_1 \\B_{11}X_1 + B_{12}X_2 + B_{13}X_3 &\geq DB_2 \\C_{11}X_1 + C_{12}X_2 + C_{13}X_3 &= DC_4 \\N_{11}X_1 + N_{12}X_2 + N_{13}X_3 &\leq DN_6 \\X_1, X_2, X_3 &\geq 0\end{aligned}$$

## Software de programación lineal

En cuanto a la solución del modelo de programación lineal simplex, se utilizará el software de programación método simplex LINDO, el cual nos permitirá resolver problemas de programación lineal debido a que es capaz de resolver problemas mediante el método Simplex, esta herramienta un método que no tiene limitaciones con relación al número de aquellas

variables de restricción ni en la decisión de problemas, resulta ser una interfaz muy amigable y de fácil manejo (Valencia, 2018).

### Resolución del Modelo de Programación Simplex

En la respectiva resolución del modelo, es necesario convertir las inecuaciones en ecuaciones lineales, esto se puede realizar utilizando aquellas variables de holgura, las mismas que permitirán la transformación de las desigualdades en igualdades, las cuales son denominadas por la letra “S”, que luego se sumarán si la restricción contiene el signo “ $\leq$ ” y se restarán si el signo es “ $\geq$ ”, y donde las restricciones deben ser ecuaciones de igualdad.

### Tenemos las inecuaciones modeladas mediante la programación lineal

$$A_{11}X_1 + A_{12}X_2 + A_{13}X_3 \leq DA_1$$

$$B_{11}X_1 + B_{12}X_2 + B_{13}X_3 \geq DB_2$$

$$C_{11}X_1 + C_{12}X_2 + C_{13}X_3 = DC_4$$

$$N_{11}X_1 + N_{12}X_2 + N_{13}X_3 \leq DN_6$$

$$X_1, X_2, X_3 \geq 0$$

### Otras inecuaciones transformadas en ecuaciones

$$A_{11}X_1 + A_{12}X_2 + A_{13}X_3 - IS_1 + OS_2 + OS_3 + OS_4 = DA_1$$

$$B_{11}X_1 + B_{12}X_2 + B_{13}X_3 + OS_1 - IS_2 + OS_3 + OS_4 = DB_2$$

$$C_{11}X_1 + C_{12}X_2 + C_{13}X_3 + OS_1 + OS_2 - IS_3 + OS_4 = DC_3$$

$$N_{nm}X_n + N_{nm}X_n + N_{nm}X_n + OS_1 + OS_2 + OS_3 - IS_4 = DN_{nm}$$



Ecuación identidad

A partir de esta descripción de variables, cuando se maximiza la ecuación su signo se definirá y dependerá de las diferentes restricciones del problema establecido. Tenemos así una

matriz identidad con un  $(n = 4)$ , el mismo que está compuesto por las variables de holgura las cuales tienen un coeficiente 1, por el ejemplo si tenemos la variable de holgura "S1" su coeficiente es 1, y esto corresponde en la restricción al recurso 1. Una vez que resuelva las ecuaciones por el método de matrices, que nos ofrecerá obtener resultados  $> 0$  los mismos que serán positivos estos nos permitirán tomar la mejor decisión para el modelo planteado.

### **Modelo PERT/CPM**

Es una técnica de revisión y evaluación de programas, es utilizado cuando el control sobre el tiempo es más importante sobre el control del costo. EL modelo PERT es un método probabilístico, considera la variable tiempo como una variable desconocida obteniendo datos estimados. Se utiliza un tiempo esperado de finalización del proyecto el cual se refiere a la suma de todos los tiempos esperados de las actividades sobre la ruta crítica.

Si las distribuciones de los tiempos de las actividades son independientes, su varianza será la suma de las varianzas de las actividades en la ruta crítica. Este método plantea que el tiempo para realizar cada una de las actividades será una variable aleatoria por una distribución de probabilidad.

Se utilizan tres tipos de tiempos:

**Tiempo estimado o probable (m).** - Es el tiempo que se está realizando las diferentes actividades bajo ciertas condiciones.

**Tiempo Optimista (a).** - Es la incertidumbre del menor tiempo, se pueden realizar las actividades, incluyendo desperfectos en los equipos, mano de obra, retardo en materiales u otros factores.

**Tiempo Pesimista (b).** - Es la incertidumbre del mayor tiempo posible en el que se podría tardar la realización de las actividades incluyendo desperfectos.

El tiempo esperado de finalización de un proyecto, corresponde a la suma de todos los tiempos esperados de las actividades sobre la ruta crítica.

En CPM se trabajará con un estimado de tiempo ya que todos los cálculos se realizarán basándose en la suposición de que los tiempos se conocen. Es el método de la ruta crítica, al igual que PERT este modelo nos permite poder controlar proyectos. Se lo utiliza en las mismas condiciones que PERT ya que cuando los tiempos y costos se pueden estimar bien.

El CPM es un método determinístico que permite considerar los tiempos de las actividades y que puede hacer que cambien el número de recursos destinado, es utilizado también para verificar en el proceso del proyecto controlen los estimados de tiempo y monitoreo de los mismos (De Jesús, López, & González, 2012).

## **Capítulo 3**

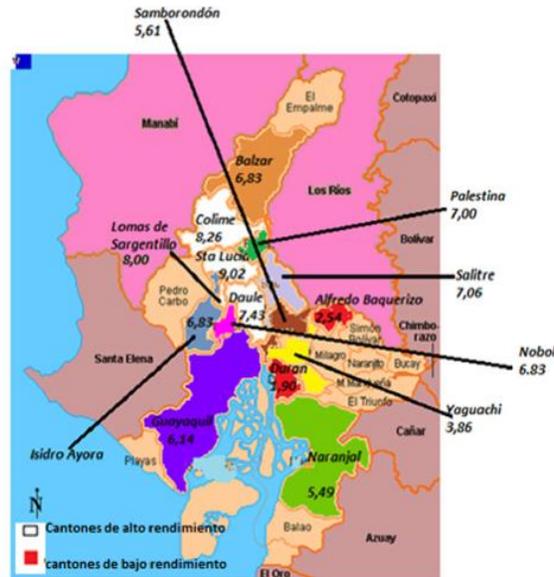
### **Resultados y discusión**

#### **Análisis de la situación actual de los cultivos tropicales en la región litoral**

##### **El sector de cultivos tropicales y su evolución**

La agricultura es una de las técnicas más antiguas practicadas alrededor de todo el mundo, ha sido efectuada desde los inicios de la humanidad donde se han realizado modificaciones en los espacios agrícolas a través del tiempo. En cuanto a pastos y cultivos tropicales de ciclo corto como son: arroz, banano y maíz, se realiza una extensiva siembra de

superficies mayores con el uso de diferentes tecnologías aplicadas a la zona, especialmente en maquinaria y fertilización (MAGAP, 2016).



**Figura 5 Rendimiento de Arroz por cantones**  
**Fuente: Banco Central del Ecuador, 2020**

Los cultivos tropicales de ciclo corto como es el arroz, donde la cosecha promedio de arroz en invierno es de 440.000 toneladas, se ha dado la incursión de los arroceros en la siembra de otros productos y una disminución de hectáreas sembradas las mismas que provocaron la caída de la producción de arroz en Ecuador, esto se ha dado durante el primer trimestre de 2019, en donde la superficie sembrada de arroz en Ecuador decreció un 6%, en cuanto que en el mismo periodo de 2018 ésta creció en un 5%, todo esto fue afectado por las inundaciones que acontecieron en la región Costa y por la poca demanda de arroz hicieron que la superficie sembrada se redujera.

En cuanto a los resultados de la cosecha de productos de ciclo corto, donde los mismos que corresponden a la época de invierno del año agrícola 2019, estos muestran comportamientos dispares en los cultivos tropicales, de ahí tenemos los siguientes: cebolla, maíz duro y tomate hortícola, los cuales registran cifras positivas en cuanto a la superficie cosechada; con respecto al

arroz, fréjol y maíz suave (choclo) muestran una disminución en esta área. Es así que la producción obtenida por los agricultores durante el período de cosecha del año en curso se registraron porcentajes crecientes, aquellos productos como cebolla y tomate. En cambio, el fréjol y el maíz suave estos registran decrecimientos en la producción.

Con lo referente al maíz duro, ha sucedido que, por segundo año consecutivo, se ha obtenido una cifra negativa, con respecto a que el arroz, luego de dos ciclos de crecimiento, este ha experimentado una baja en este período en estudio. Conociendo esto es importante señalar que la época de invierno se prolongó más de lo normal, lo que sucedió especialmente en la región litoral, es así que esto incidió en la baja producción de ciertos bienes, y por lo cual debido a la humedad y el exceso de agua estos contribuyeron para el apareamiento de muchas enfermedades y plagas, las mismas que mermaron su productividad (BCE, 2020).

Entre cultivos tropicales se han evidenciado variaciones significativas en relación a sus cosechas, tal es el caso del arroz de invierno, el mismo que al año 2019 ha registrado un decrecimiento del 6%, con respecto a la cosecha del año anterior, y esto fue un porcentaje más bajo que se ha obtenido en el 2018, donde su crecimiento fue de un 5%. Asimismo, el volumen de producción tuvo una disminución en un 7%, esta cifra que difirió del crecimiento del 5% y que experimentó en el ciclo pasado, con respecto a la producción de cebolla esta registró niveles crecientes, por ende, esta obtuvo mayor crecimiento en producción con una relación similar al trimestre del año anterior. Es así que, si bien los rendimientos se mantienen en niveles normales, donde la superficie cosechada y el volumen de producción crecieron en un 4%, esta cifra es superior al incremento del 2%, donde se registraron estas variables en la cosecha de 2018 (BCE, 2020).



**Figura 6 Rendimiento promedio de Arroz**  
**Fuente: Banco Central del Ecuador (BCE, 2020)**

Con relación a la cosecha del tercer trimestre de 2019, la superficie cosechada y el volumen de producción de fréjol experimentaron un decrecimiento del 4%, esta caída en la producción de la leguminosa, fue consecuencia del descenso en los precios y por aquellos factores climáticos los mismos que no permitieron aumentar la producción en los mismos niveles que en trimestres anteriores. Tenemos así, la superficie cosechada de maíz duro de invierno el mismo creció en el tercer trimestre de 2019, pero no en los mismos niveles que en los terceros trimestres de años anteriores, es así que se registró en este período un incremento de un 3%, en cuanto al exceso de humedad, la mazorca no pudo completar su normal desarrollo; con todo esto se dio que los rendimientos fueron menores, de esta forma el volumen de producción cayó en un 3%, es así que, esta tendencia se mantuvo desde la cosecha del año anterior, por lo cual esta variable decreció en 5%.

En lo referente a la superficie cosechada de maíz suave y al volumen de producción, se obtienen variables que registraron por tercer año consecutivo cifras negativas, las mismas que disminuyeron en un 7%, variación que resultó ser inferior a la reducción que experimentaron, por tanto, el área de cosecha como el volumen de producción en 2018 fue de un (-5%). Donde este

comportamiento estuvo asociado a aquellos problemas de tipo climático, estas son las heladas y los fuertes vientos, esto se ha dado especialmente en las provincias de la sierra centro-norte, es ahí donde mayormente se cultiva este producto (BCE, 2020).

**Tabla 1 Superficie Cosechada y Producción de Productos de Invierno Ciclo Corto Tasa de Variación trimestral (Interanual) - (2014-2019)**

PRODUCTO	2014.III		2015.III		2016.III		2017.III		2018.III		2019.III	
	SUPERFICIE	PRODUCCIÓN										
ARROZ DE INVIERNO	-6.0	-12.0	-6.0	-4.0	-4.0	-7.0	3.0	4.0	5.0	5.0	-6.0	-7.0
CEBOLLA COLORADA	-4.0	-4.0	1.0	1.0	-5.0	-5.0	10.0	11.0	2.0	2.0	4.0	4.0
FRÉJOL	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	6.0	6.0	-2.0	-2.0	-4.0	-4.0
MAÍZ DURO DE INVIERNO	1.0	4.0	8.0	8.0	8.0	-5.0	7.0	4.0	9.0	-5.0	3.0	-3.0
MAÍZ SUAVE	-3.0	-3.0	-10.0	-10.0	3.0	3.0	-8.0	-12.0	-5.0	-5.0	-7.0	-7.0
TOMATE	-6.0	-6.0	5.0	4.0	3.0	3.0	5.0	5.0	5.0	8.0	8.0	8.0

*Fuente: Banco Central del Ecuador (BCE, 2020)*

### **Características y variedad cultivos tropicales**

El Ecuador es uno de los países con mayor diversidad en cultivos tropicales como son: arroz de verano, banano, cacao, café, caña de azúcar, maíz de verano, palma africana, papa y soya; se obtienen resultados en el tercer trimestre del 2019, con respecto al volumen de producción, así como la superficie de los principales cultivos tropicales de ciclo corto cosechados en época de invierno y las previsiones para los próximos años agrícolas.

### **Cultivos Tropicales**

#### **Entre los principales cultivos tropicales de ciclo corto tenemos:**

El arroz, es un cultivo originario del Sudeste Asiático, el cual se adaptó rápidamente a en la región tropical y subtropical del continente americano, este se constituye en la dieta del ecuatoriano un alimento básico, por cuanto, es el cultivo que mayor superficie ocupa en el país, alrededor de 400 mil hectáreas.

El maíz, se originó en América y se extendió y adaptó a otras partes del mundo; el mismo se constituye actualmente como el cereal con mayor volumen de producción después del trigo, el cual se siembra para diferentes usos, consumo seco y verde, para los pobladores de las zonas rurales y urbanas

La caña de azúcar, introducida en República Dominicana por el almirante Cristóbal Colón en 1493, se expandió al continente americano y se adaptó a las condiciones tropicales de esta parte del mundo, esta planta extraordinaria, es capaz de almacenar y sintetizar en sus tallos, el más universal de los alimentos existentes, de esta forma aproximadamente el 100% de los más de 7 mil 270 millones de personas que habitan actualmente en el planeta tierra consumen algunos gramos de azúcar, directa o indirectamente, cada día.

La yuca, es un cultivo originario de América del Sur, aunque se ha extendido y establecido en varios países, donde constituye una fuente de alimento importante en las zonas rurales; en el continente africano se ha convertido en un alimento básico para sus pobladores. En Ecuador se cultiva en todas las provincias del país, siendo un sustento fundamental para las familias campesinas más pobres.

### **Análisis comparativo, evolución, tendencias de tecnologías e innovaciones a nivel mundial**

La agricultura constantemente se enfrenta al desafío de proveer alimentos en calidad y cantidad suficientes, donde se pueda satisfacer la demanda de una población la misma que seguirá creciendo y cuyo poder de compra prolongará al incrementarse. Se tiene así la aplicación de biotecnologías, las mismas que pueden incrementar significativamente su eficiencia para alcanzarlo. Para obtener un balance con aplicación de las biotecnologías en el mejoramiento de cultivos tropicales, se debe revisar brevemente los resultados más recientes obtenidos en esta

área del conocimiento, y las perspectivas actuales y futuras de su utilización en Ecuador (Pérez I. , 2019).

La biotecnología agrícola ofrece un amplio espectro de oportunidades para aumentar la productividad, donde tenemos técnicas de cultivo de tejidos, el diagnóstico de enfermedades, técnicas avanzadas de biología molecular, y la producción de bioplaguicidas. Son muchos los aspectos de la industria agroalimentaria en que la biotecnología ha ganado espacios, existen a nivel mundial biotecnologías aplicadas al sector de los cultivos. En los cultivos, las biotecnologías se fueron desarrollando progresivamente durante el siglo pasado, y los avances que se han acelerado en las dos últimas décadas, obteniendo así muchos e importantes logros científicos, así como impresionantes adelantos de tipo tecnológico. Es así que la ingeniería genética ha tenido éxito de forma limitada, las aplicaciones principales actualmente en materia de mejoramiento y gestión de cultivos vienen de las biotecnologías no relacionadas con los OGM, que comprenden toda la gama de Biotecnologías e innovación: el compromiso social de la ciencia 42 caracteres y prácticas agronómicas pertinentes a los agricultores de estos países (FAO, 2011b).

En muchos países en desarrollo la selección asistida por marcadores (SAM) todavía está en una fase relativamente temprana de aplicación en los principales cultivos de subsistencia, muchos países en desarrollo ejecutan programas de micro-propagación, los cuales se emplean en una amplia gama de cultivos de subsistencia. La biotecnología ofrece también importantes herramientas para el diagnóstico de enfermedades vegetales de origen viral y bacterial, en muchos países en desarrollo se aplican comercialmente con tal finalidad algunas técnicas diagnósticas, así como métodos basados en el ADN.

En estos países se utilizan biofertilizantes para mejorar el estado nutricional de los cultivos y para reemplazar los suplementos químicos, los programas biotecnológicos demostraron eficacia allí donde complementaban o servían de apoyo a proyectos convencionales bien estructurados de actividades de investigación y desarrollo en los ámbitos de la agronomía y de la fitogenética, donde los sistemas de innovación en agricultura como herramienta de la política de seguridad alimentaria en agricultura bien estructurados, facilitaron a los pequeños productores agrícolas la adopción de sus resultados (Sonnino & Ruane, 2010).

Se conocen tecnologías espaciales como medios para la obtención de información de producción agrícola, es así que los satélites resultan ser cada vez más importantes, de esta forma se puede reducir la incertidumbre lo cual rodea a las proyecciones de producción de alimentos. Bien se trate de observación terrestre o de satélites meteorológicos, comunicaciones espaciales o sistemas de posicionamiento global, los sistemas espaciales se están convirtiendo en una herramienta indispensable en el esfuerzo internacional dirigido a rastrear y comprender mejor nuestra atmósfera, mares, bosques, recursos de agua dulce y uso de la tierra.

Las aplicaciones espaciales desempeñan un papel crucial en la provisión de información oportuna y precisa sobre las perspectivas de la producción agrícola, donde se conoce lo que se ha sembrado y dónde: se tiene así que la información aportada por los satélites puede complementar o incluso reemplazar los sistemas de vigilancia terrestres, así cuya operación puede resultar más difícil o más onerosa, de esta forma se obtiene mejor información sobre medición de la tierra, se conoce que en muchos países, los gobiernos y los agricultores están trazando mapas de su tierra arable. Por ende, se tienen más archivos para mejorar el modelaje y la vigilancia de varios sensores que han volado durante décadas en diversas familias de satélites lo cuales proporcionan

archivos útiles, en lo que respecta a los posibles impactos ambientales así como la evolución de los usos de la tierra sobre prácticas agrícolas (Sonnino & Ruane, 2010).

A pesar de las importantes capacidades de los sensores satelitales, aún se carece de datos en bruto y pronósticos estacionales para grandes regiones del mundo, debido sobre todo a deficiencias en los intervalos y cobertura de ciertas zonas, es así que en la actualidad han surgido avances con respecto al desarrollo de nuevos sistemas como son: sensores ópticos y de radar en todo el mundo. La diversidad de los modelos económicos que proporcionan datos con sensores remotos y productos geoespaciales asociados con los usuarios finales causa ineficacias y distorsiona el acceso a la información (OCDE/FAO, 2011).

## **El consumo de cultivos tropicales en el mundo**

### **Demanda mundial**

El arroz es conocido como uno de los cereales con mayor superficie cultivada a nivel mundial, esto constituye que en muchos países un plato indispensable en la mesa de cada familia; ocupa el segundo lugar en la producción a nivel global después del maíz. Se cultiva en los cinco continentes, tanto en las regiones pantanosas como en llanuras, en algunos países con clima templado, excepcionalmente en regiones áridas del Perú (bajo riego), o en otros con climas cálido y húmedo (Pérez H. , 2018).

En lo que respecta los productos agrícolas el arroz constituye uno de los principales productos más demandados a nivel mundial, el aumento de la productividad debe ser logrado conservando al mismo tiempo la base de los recursos naturales de la cual depende que pueda mantenerse y aumentar la productividad en el futuro. De esta forma pueden ir a la par el aumento de sus ingresos y el uso realmente sostenible de los recursos. Todo esto resulta especialmente claro, si se considera que el incremento de la producción sostenible de alimentos para el futuro

puede venir solo en parte de una ampliación de las tierras agrícolas y en su mayor parte del aumento de los rendimientos por unidad de tierra.

El aumento de la productividad puede mejorar la seguridad alimentaria de dos maneras. En primer lugar, el aumento de la demanda de productos agrícolas en los países de bajos y medianos ingresos brinda la oportunidad para que los pequeños productores de las zonas rurales incrementen sus ingresos y mejoren sus medios de vida. En segundo término, el aumento de la productividad puede contribuir también a bajar los precios y, por tanto, a beneficiar a las personas pobres de las zonas tanto urbanas como rurales (sin tierra), ya que los hogares pobres suelen invertir en alimentos gran parte de sus ingresos.

La otra cara de la moneda es que el entorno socioeconómico en rápida evolución puede empeorar drásticamente la seguridad alimentaria de los países en desarrollo. Según las proyecciones, para el año 2050 la población mundial habrá llegado a más de 9 mil millones de habitantes. Casi todo el incremento se producirá en los países en desarrollo, además, la migración actual de las zonas rurales a las zonas urbanas continuará, de manera que para 2050 alrededor del 70 % de la población mundial será urbana (comparado con el 50 % de hoy).

En el futuro también deberían aumentar los ingresos en los países en desarrollo, lo que determinará cambios en la alimentación, entre ellos, una disminución de la proporción de cereales y otros cultivos básicos y un aumento de las hortalizas, las frutas, el aceite, la carne, los productos lácteos y el pescado. Con una población mayor, más urbana y, en promedio, más rica, se estima que en 2050 la demanda mundial de alimentos será mayor 70 % que la de hoy y un ciento %, en los países en desarrollo.

## **Presentación de resultados y discusión**

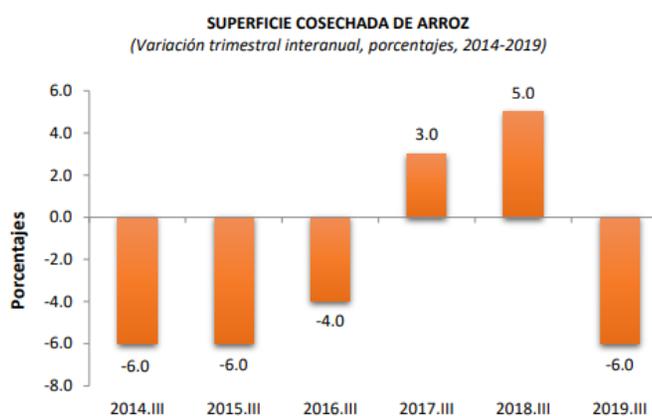
### **Análisis del sector cultivos tropicales ecuatoriano**

Los resultados de cosechas de productos de ciclo corto, en la época de invierno del año agrícola 2019, se tienen que los resultados agregados muestran comportamientos dispares para los productos en análisis, es así que productos como cebolla, maíz duro y tomate hortícola, estos registran cifras positivas en cuanto a la superficie cosechada; en cambio, el arroz, fréjol y maíz suave (choclo) muestran disminución en esta área.

**Arroz de invierno.** - La información sobre la producción de este cereal se recopiló en las regiones de la Costa y Sierra Sur del país, específicamente en las provincias de Manabí, Guayas, Los Ríos, Loja, El Oro y Cañar, de las cuales se obtuvieron los siguientes resultados: La superficie cosechada al año 2019 fue menor, los mismos que estarían asociados a factores climáticos, dada la temporada de mucho frío (heladas) que soportó la región litoral y al exceso de humedad. La productividad de la gramínea disminuyó, dejando como consecuencia un volumen de producción menor; al efectuar un análisis desagregado de la producción de arroz por cantón, se encuentra que, en el cantón Calceta provincia de Manabí, en la zona de Tosagua, se obtuvo una menor superficie cosechada, lo cual ha decrecido en un 50%; es así que en época de verano los agricultores siembran más arroz y para invierno cultivan el maíz; se tiene así, que el volumen de producción y los rendimientos se han mantenido en niveles normales, esto significa que no han experimentado cambios significativos durante el presente ciclo agrícola.

Se conoce que el sistema de riego Carrizal-Chone, aún sigue dañado desde el terremoto que sufrió el país en abril del 2016, lo cual afectó en mayor magnitud a la provincia de Manabí, a partir de ahí se han presentado inconvenientes para la gran mayoría de agricultores, ya que los

mismos no cuentan con abastecimiento de agua, y apenas han alcanzado una producción de 35 sacas/ha., así como otros inconvenientes mencionados, se conoce que la situación económica se complicó, esto fue a partir del bajo precio de venta del quintal de la gramínea, ya que se cotizó, en USD 32. Se conoce que, en estas condiciones, las previsiones para el ciclo agrícola 2020, que es siembra de invierno son pesimistas, debido a que se considera que la superficie sembrada sería menor que en otras épocas, aunque el volumen de producción se mantendría igual con respecto al año 2019.



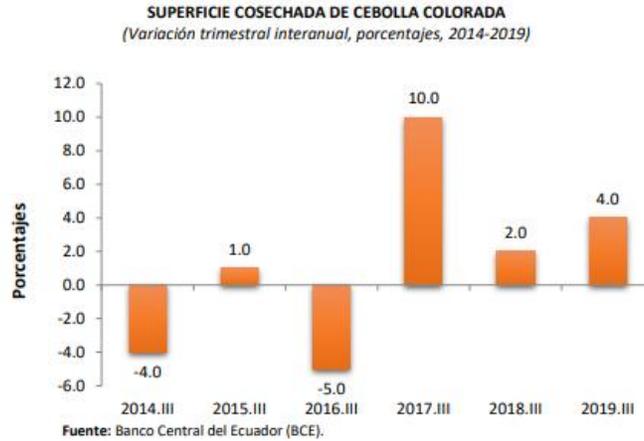
**Figura 7 Superficie Cosechada de Arroz**  
**Fuente: Banco Central del Ecuador, 2020**

Durante la cosecha en el cantón Crucita fue un tanto más favorable la producción de arroz, donde las variables mencionadas se han mantenido de similar forma a las del ciclo anterior; no han existido cambios significativos en la zona del sector arrocero. Por lo cual, un pequeño productor mantiene 3 hectáreas de cultivo y producción; donde los rendimientos que alcanzaron los agricultores fueron de unos 125 qq/ha; es a partir de ahí que el volumen de producción se mantiene igual al del período anterior, donde las perspectivas de cultivo y producción para el ciclo agrícola en el año 2020 se obtendrá igual a la superficie sembrada, por lo cual los productores no tendrían la posibilidad de extender la frontera de cultivo, ya que los

mismos agricultores están dedicado a la producción de arroz, se tiene así que el volumen de producción sería igual respecto al año anterior.

**Cebolla.** – Se obtuvo información sobre la producción de la cebolla, la misma se recopiló en las regiones de la Sierra centro-norte del país, esto fue en las provincias de Chimborazo, Tungurahua, Imbabura, Carchi y Bolívar, de las cuales se obtuvieron los siguientes resultados: La superficie cosechada fue mayor según el criterio del 26% de los informantes, mientras que el 74% afirmó que se ha mantenido igual que el año anterior. Es así que las perspectivas también son positivas, toda vez que se prevé que la superficie sembrada como la producción vuelva aumentar en un 5%, básicamente influenciada por la mejora en el precio, ya que el bulto se vendió en un promedio de USD 13, en cuanto, en el cantón Mocha la superficie cosechada y el volumen de producción en este período se mantienen sin cambios, ya que el precio mejoró, los mismos que afrontaron problemas en tierras altas.

De allí que los productores prefieren sembrar en las partes bajas del cantón, donde los rendimientos son mejores, y con la semilla de pepa se obtienen mejores resultados, se considera que los productores harían nuevas inversiones, donde el volumen de producción aumentaría en un 5%. En el caso del cantón Guamote, la superficie cosechada y el volumen de producción se han mantenido sin cambios, mientras que para el año agrícola 2020 se esperaría un aumento en las inversiones de un 10%, se tiene así que el volumen de producción podría aumentar en esa medida. Si bien la cebolla se cosecha a los 6 o 7 meses, esta resiste más las variaciones climáticas, comparada con otros productos como la arveja y las papas, entre otros (BCE, 2020).



**Figura 8 Superficie cosechada de Cebolla**  
**Fuente: Banco Central del Ecuador, 2020**

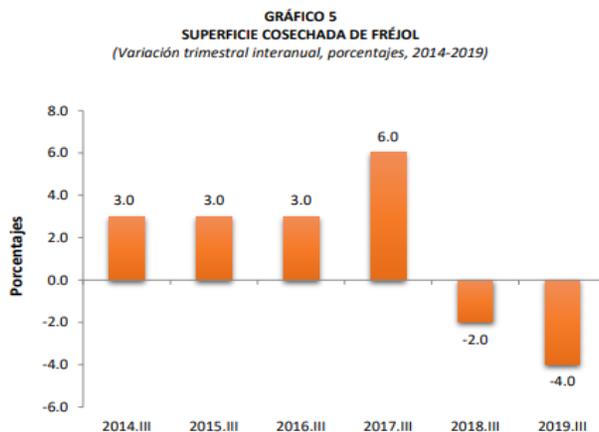
**Fréjol.** – Sobre la producción de la leguminosa se obtuvo información que fue recopilada en las regiones de la Sierra Centro-Norte del país, específicamente, en las provincias de Imbabura, Chimborazo, Carchi y Tungurahua, de las mismas se obtuvieron los resultados a continuación: Los rendimientos por hectárea, según un 92% de entrevistados indicó que se mantuvieron iguales y, otro 8% aseguró que fueron menores. Se obtuvo que, en la provincia de Tungurahua, en el cantón Ambato la superficie cosechada y el volumen de producción de fréjol se informó que se ha mantenido sin cambios, es así que las expectativas para el próximo período agrícola los montos de inversión, así como de producción tampoco cambiarían. Se conoció que en el cantón Guaranda, capital de Bolívar, el volumen de producción y su superficie cosechada se han reducido en un 20% (BCE, 2020).

La razón principal para que se de este resultado fueron las malas condiciones climáticas, al igual que la caída en los precios, por cuanto el quintal de fréjol se consiguió vender entre \$50 y \$60, esto no alcanzó para cubrir los costos de producción. Por lo cual se señaló que a finales del año 2019 hubo una mejora en el precio, donde volvería aumentar la producción, y así alcanzar los niveles de años anteriores. Debido a ello, se esperaría que las inversiones y la

producción se recuperen en los mismos porcentajes de caída durante la cosecha, es decir en 20%, donde el precio alcanzó a estabilizarse al momento de la investigación en un promedio de USD 120 por quintal. Se tiene que, en la provincia de Chimborazo, el compendio de información recopilada en sus cantones refleja que la superficie cosechada como la producción se mantiene en la mayoría de ellos, toda vez que el clima ha mejorado para este tipo de producto (BCE, 2020).

En el cantón Riobamba se mantiene la misma tendencia, lo cual implica que tampoco se prevén realizar nuevas inversiones en este cultivo, de esta forma la misma superficie de siembra se mantendría, es así que se esperaría el mismo volumen de producción agrícola en el próximo ciclo; se obtiene así las expectativas en el cantón Colta en cuanto a superficie, a su producción y a la inversión, ya que son las mismas de trimestres anteriores; se obtuvo en el cantón Alausí, una superficie sembrada donde se mantendría el nivel de producción, dado que los rendimientos no varían, por lo cual el precio ha mejorado en los últimos meses, por lo cual, los agricultores rotan la producción, sembrando papas, cebada y maíz.

El cultivo de fréjol al igual que el maíz, que crecen en forma conjunta, si el precio de uno de estos productos sube, es favorable para incrementar la siguiente siembra, debido a que el producto asociado se beneficia por el incremento en dicho precio. Se conoce que, en la provincia de Imbabura, cantones Ibarra y Urcuquí, tanto la superficie cosechada como el volumen de producción de fréjol se han mantenido similar respecto al año anterior. Por ende, las expectativas son halagadoras, y en estas zonas los agricultores estarían dispuestos aumentar la siembra de esta leguminosa en un 20%, lo cual es impulsado por la mejora en el precio el mismo que se ha registrado en los últimos meses (BCE, 2020).



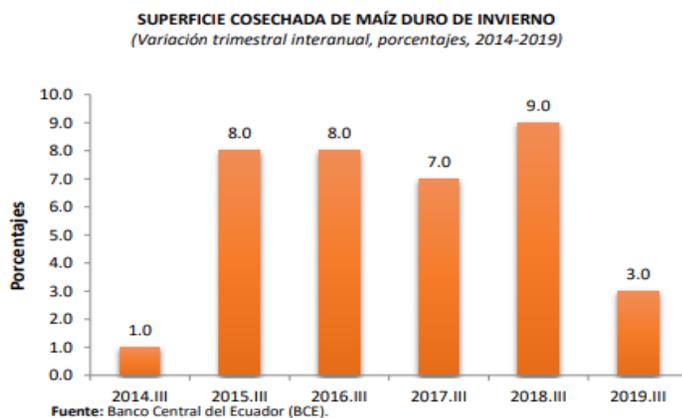
**Figura 9 Superficie cosechada de Fréjol**  
**Fuente: Banco Central del Ecuador, 2020**

**Maíz duro de Invierno.-** En las provincias de Manabí, Guayas, Los Ríos, Loja, El Oro y Cañar, se realizaron entrevistas a oficiales de negocios de Ban-Ecuador, así como a productores independientes dedicados al cultivo de maíz duro, las que arrojaron los siguientes resultados: La superficie cosechada en el tercer trimestre en invierno del 2019 respecto al mismo período del año agrícola 2018, resultó ser mayor para el 48% de los entrevistados, mientras que un 23% afirmó que la superficie se mantuvo igual y, un 29% manifestó que fue menor. De ahí se obtuvo que, los rendimientos por hectárea para los agricultores en la cosecha fueron menores según un 49% de los entrevistados, y un 22% consideró que se mantuvieron iguales, en cuanto que el 29% indicó que fueron mayores (BCE, 2020).

Por cuanto, el volumen de producción decreció en 3% durante la cosecha, según el 34% de los entrevistados, el 37% indicó que se mantuvo igual al 2018, mientras que el 29% expresaron que el volumen fue mayor. En un análisis desagregado por cantones sobre la producción del cereal, la superficie cosechada de maíz duro en la provincia de Manabí se incrementó en un 20% en Chone, Bolívar, Tosagua y Junín. En las zonas productivas de Paján las variables se han mantenido sin cambios; y, sólo en el cantón Jipijapa la superficie cosechada

fue menor en un 10%. Con relación al comportamiento de los rendimientos, se obtuvo la opinión de los entrevistados la misma que fue unánime al manifestar que estos fueron menores en Chone, Bolívar, Tosagua, Junín y Jipijapa; se obtuvo así, que el volumen de producción también decreció 20% en Bolívar, Tosagua y Junín; 10% en Jipijapa; 40% en Chone (BCE, 2020).

Respecto al volumen de producción, se prevé que podría crecer un 30% en Jipijapa; por el contrario, en Chone disminuiría un 40%, mientras que en Tosagua, Bolívar, y Junín decrecería un 15%; en cuanto al cantón Paján la variable se conservaría igual; se tiene así que la superficie cosechada de maíz fue menor en un 10% en la provincia del Guayas, así en los cantones Isidro Ayora, Lomas de Sargentillo Pedro Carbo y El Triunfo. Los rendimientos y el volumen de producción disminuyeron en el mismo porcentaje del área de cosecha (10%), en los cantones Colimes y El Empalme, se adquirió la superficie de cosecha mayor en 5% y 10%; en el cantón Balzar la variable se mantuvo igual, debido a que los rendimientos fueron menores, como resultado del factor climático, se tiene que el exceso de humedad no permitió que se alcancen mejores rendimientos, por lo tanto, el volumen de producción se mantuvo sin cambios respecto al ciclo agrícola del año anterior (BCE, 2020).



**Figura 10 Superficie cosechada de Fréjol**  
**Fuente: Banco Central del Ecuador, 2020**

**Maíz Suave.** – Se realizó la recopilación de información con respecto a la producción del cereal en las regiones de la Sierra Centro-Norte del país; específicamente, en las provincias de Tungurahua, Bolívar, Chimborazo, Imbabura y Carchi, de las cuales se obtuvieron los siguientes resultados: la superficie cosechada fue menor con relación al criterio del 21% de individuos, donde el 73% aseguró que se ha mantenido igual que el año anterior, en cuanto un 6% manifestó que fue mayor; con respecto a los rendimientos por hectárea, el 82% de los entrevistados indicó que se mantuvieron iguales y, el restante 18% afirmó que fueron menores. Se obtuvo el volumen de producción que es el que tendría la misma relación con la superficie cosechada (BCE, 2020).

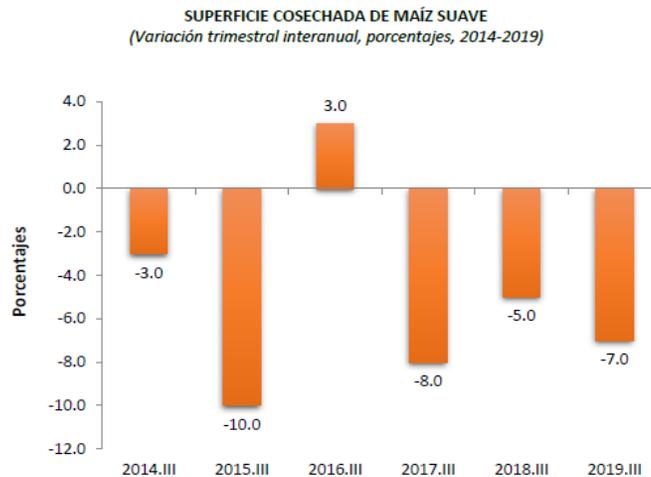
En el análisis a nivel cantonal, vale destacar que en Ambato capital de la provincia de Tungurahua, se informó que la principal zona de producción de maíz en la provincia sigue siendo Patate, en este cantón la superficie cosechada habría crecido un 5% en este período, por cuanto los rendimientos se mantuvieron, donde el volumen de producción creció en un porcentaje similar. Se afirmó que se mantendrían sin cambios con respecto a las perspectivas. Si bien la producción se mantiene en esta zona, es porque la calidad del choclo en dicho cantón es especialmente demandada, puesto que a este producto se lo considera que es más dulce y suave que los producidos en otras zonas (BCE, 2020).

Se encontró en el cantón Cevallos, que el volumen, al igual que la superficie cosechada de producción donde la misma se ha logrado mantener, esto implicó que los rendimientos también fueran iguales a los del trimestre anterior. De esta forma para la próxima siembra se conservaría la misma superficie, es así que, tampoco habría cambios en los niveles de producción. Cabe señalar que, si bien la tierra es buena para la producción de maíz, también es mejor para las frutas como la claudia y la fresa, al igual que para la producción de alfalfa, e

inclusivo se está volviendo a producir capulí, lo cual resulta muy rentable, se vende a USD 15 la caja (BCE, 2020).

Los productores afirman que el clima no ayuda a mejorar la productividad, como tampoco ayuda la presencia de plagas como la “mancha asfáltica”, esta debe ser combatida cada año, donde la producción de maíz en las provincias de la Sierra Norte, donde los rendimientos, así como las inversiones, estas se han mantenido; En lo referente a los cantones de la provincia de Imbabura la superficie cosechada, así como el nivel de producción y los rendimientos no han cambiado en el 2019 respecto al 2018 (BCE, 2020).

Los principales problemas que afectaron la cosecha de maíz suave hacen referencia al clima desfavorable, falta de asistencia técnica, bajo precio de venta y la falta de vías de comunicación. Para el próximo ciclo agrícola, el 18% de los entrevistados estima que la producción podría seguir con su tendencia decreciente, mientras que el 80% considera que se mantendrá igual y apenas un 2% prevé que sería mayor; esto trae como consecuencia que la producción decrezca en el 1%. La situación económica de los productores de maíz suave fue calificada como buena por el 13% de los entrevistados y, el 87% indicó que son normales.



**Figura 11 Superficie Cosechada de Maíz Suave**  
Fuente: Banco Central del Ecuador (BCE, 2020)

## **Producción Cultivos tropicales**

El INIAP (Instituto Nacional Autónomo de investigaciones Agropecuarias) por medio de su núcleo de Transferencia de tecnología y Comunicación de la Estación Experimental del litoral entrena a los productores agrícolas en tecnología de rotación de cultivos de arroz con soya, en la temporada de lluvia cultivan el arroz y con la humedad remanente siembran soya, aunque existen problemas en los cuales se debe reemplazar por el maíz en la búsqueda de alternativas rentables. El INIAP sigue difundiendo para el sector agrícola la rotación de arroz con soya principalmente, así podrían alternar el arroz con leguminosas como son: frijoles, garbanzos y lentejas (INIAP, 2015).

Entre los cultivos tropicales con mayor superficie cosechada tenemos al arroz de invierno, la producción de cebolla registra niveles crecientes, misma que es mayor respecto a similar trimestre del año anterior. Si bien los rendimientos se mantienen en niveles normales, la superficie cosechada y el volumen de producción crecieron en 4%, cifra superior al incremento de 2% que registraron estas variables en la cosecha de 2018. Por su parte, durante la cosecha del tercer trimestre de 2019, la superficie cosechada y el volumen de producción de fréjol experimentaron un nuevo decrecimiento de un 4%, donde la caída en la producción de la leguminosa, que, de acuerdo a los informantes, esto fue por causa de los factores climáticos y por el descenso en los precios, los mismos que no permitieron aumentar la producción en los mismos niveles de trimestres anteriores (BCE, 2020).

La superficie cosechada de maíz duro de invierno creció en el tercer trimestre de 2019, aunque no en los mismos niveles que en los terceros trimestres de años anteriores, registrando en este período un incremento de 3%, sin embargo, por el exceso de humedad, la mazorca no pudo completar su normal desarrollo; en consecuencia, los rendimientos fueron menores y el volumen

de producción cayó en 3%, en lo referente a la superficie cosechada de maíz suave y al volumen de producción, las variables registran por tercer año consecutivo cifras negativas, disminuyendo en 7%, variación aun inferior a la reducción que experimentaron, tanto el área de cosecha como el volumen de producción en 2018 (-5%).

Este comportamiento estuvo asociado a problemas de tipo climático como las heladas y los fuertes vientos, especialmente en las provincias de la sierra centro-norte, donde mayormente se cultiva este producto. Finalmente, la superficie cosechada de tomate hortícola registró un mayor crecimiento 8%, con respecto al ciclo agrícola anterior que fue de 5%; por su parte, el volumen de producción mantiene igual porcentaje de incremento del año pasado 8%, debido a que los rendimientos bajo invernadero son iguales durante el año; sin embargo, comparados con la producción en campo abierto, su productividad se multiplica entre 3 y 4 veces. Las variaciones de la superficie cosechada y del volumen de producción en los productos de ciclo corto, se pueden apreciar en la siguiente tabla:

**Tabla 2 Superficie Cosechada y Producción de Productos de Invierno Ciclo Corto**

SUPERFICIE COSECHADA Y PRODUCCIÓN DE PRODUCTOS DE INVIERNO CICLO CORTO

Tasa de Variación trimestral (Interanual)<sup>4</sup>

(2014-2019)

PRODUCTO	2014.III		2015.III		2016.III		2017.III		2018.III		2019.III	
	SUPERFICIE	PRODUCCIÓN										
ARROZ DE INVIERNO	-6.0	-12.0	-6.0	-4.0	-4.0	-7.0	3.0	4.0	5.0	5.0	-6.0	-7.0
CEBOLLA COLORADA	-4.0	-4.0	1.0	1.0	-5.0	-5.0	10.0	11.0	2.0	2.0	4.0	4.0
FRÉJOL	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	6.0	6.0	-2.0	-2.0	-4.0	-4.0
MAÍZ DURO DE INVIERNO	1.0	4.0	8.0	8.0	8.0	-5.0	7.0	4.0	9.0	-5.0	3.0	-3.0
MAÍZ SUAVE	-3.0	-3.0	-10.0	-10.0	3.0	3.0	-8.0	-12.0	-5.0	-5.0	-7.0	-7.0
TOMATE	-6.0	-6.0	5.0	4.0	3.0	3.0	5.0	5.0	5.0	8.0	8.0	8.0

Fuente: Banco Central del Ecuador (BCE, 2020)

### Tipos de empresas de cultivos tropicales

Otra característica del sector es su dualismo, es decir, puede diferenciarse un sector empresarial compuesto por grandes, medianas y pequeñas empresas y fincas conectadas con los

mercados internos y externos más dinámicos y, por otro lado, un amplio sector de algunas medianas y, sobre todo, pequeñas explotaciones caracterizadas por baja producción y Uno de los sectores más importantes de la economía ecuatoriana es el sector agrícola, las empresas que se dedican a esta actividad donde pesar de su importancia, como sector económico, la agricultura crece por debajo del resto de la economía y muy por debajo de su potencialidad, es así que la importancia de la agricultura está también dada por su multifuncionalidad, ya que es una fuente de actividad económica, inversiones, generación de divisas y crecimiento; así mismo es una forma de vida que genera trabajo, seguridad alimentaria, redes de protección social para una proporción importante de la población y una utilizadora, en algunos lamentables casos, de recursos naturales con impactos negativos sobre el medio ambiente (INIAP, 2015).

La productividad, que, en consecuencia, no logran satisfacer las necesidades de consumo de los miembros del hogar. En cuanto que en el primer caso tienen acceso a semillas de calidad, insumos y tecnología, recursos financieros e infraestructura productiva, en el segundo caso, estos recursos centrales para la producción son inexistentes y están ausentes. Esto es, en buena parte, el resultado del deterioro significativo del sector público agropecuario, reducido en sus funciones y con un presupuesto que no se compadece con la importancia del sector.

Según la Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones (CORPEI) y el Banco Central, los productos agrícolas con mayor potencial en un tratado de libre comercio son: banano, cacao, palmito, extractos de café, frutas tropicales, flores, legumbres de clima templado, además de productos de la pesca. Los productos de cultivos tropicales tienen la mejor ventaja, a diferencia de los productos de clima templado en que las oportunidades de exportación mejoran cuando por razones cíclicas (la época invernal no productiva) aumenta la demanda por tales productos, por ejemplo, arroz, maíz, cebolla, tomate, espárragos, brócoli, entre otros. En todos

los casos, hay que tener en cuenta la necesidad de mejorar la productividad de tales rubros porque deben competir con artículos importados de otros países. Debe señalarse también que la productividad de nuestros cultivos tropicales es sensiblemente baja en comparación con los competidores (INIAP, 2015).

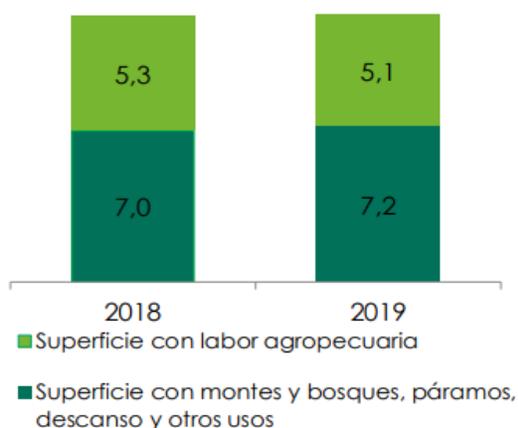
Las empresas que se dedican a esta actividad agrícola trabajan con algunos productos llamados sensibles han dejado de serlo, tal es el caso del maíz, el azúcar y las oleaginosas (palma africana, soya), en razón de su nuevo uso como biocombustibles. Otros, como papa, cárnicos (bovino, porcino y partes de aves) y lácteos, son aquellos con los que no podríamos competir internacionalmente por nuestra baja productividad, así como por los subsidios. En países desarrollados, los agricultores reciben continuamente nueva información tecnológica proveniente de la investigación que se realiza en las entidades públicas y privadas consistente en la generación de variedades de cultivos de mayor rendimiento y mejores métodos de producción agrícola, los avances en biotecnología están elevando rápidamente la productividad de la agricultura. Cada vez más se amplían las áreas dedicadas a la producción de cultivos genéticamente modificados, como maíz, soya y algodón, lo que contribuye a aumentar la productividad de estos rubros (Agrocalidad, 2017).

Es así que las empresas agricultoras de cultivos tropicales de ciclo corto se considera que el 75% del crecimiento de su productividad se atribuye al conocimiento aplicado que se deriva de la investigación, al desarrollo tecnológico y a gastos en infraestructura. Existe abundante evidencia que el sector agrícola, comparado con el industrial, tiene las más altas tasas de retorno al capital invertido. Esto se ha demostrado en el Ecuador, donde las inversiones en investigación de granos y tubérculos han generado altas tasas de retorno que pagan con creces la exigua inversión realizada.

Además, se requiere mejorar la infraestructura vial para movilizar las cosechas a los mercados, así como aumentar las disponibilidades de crédito para los agricultores. La misma es un área de gran vulnerabilidad social, ecológica y productiva; teniendo así una relevancia y preocupación primordial que genera su análisis y atención prioritaria dentro de las políticas públicas, es necesario visualizar correctamente sus nudos críticos, identificar las disyuntivas existentes, trazar los objetivos del desarrollo agropecuario y las prioridades, determinar las potencialidades y restricciones constituyen el primer paso de cualquier estrategia para el crecimiento del sector agricultor y rural en el país, para ello se deben impulsar al sector en sembrar para el futuro, y poder así sentar las bases hacia la verdadera transformación y cambio de paradigmas que supone el largo camino en la agricultura (INIAP, 2015).

### **Empresas del sector de cultivos tropicales según el espacio geográfico**

En el Ecuador la superficie de labor agropecuaria en el 2019 fue de 5'110.548 hectáreas, donde la mayor superficie de suelo cultivable está destinada a pastos.



**Figura 12 Superficie con uso y labor agropecuaria, 2019**  
(En millones de hectáreas)  
Fuente: (ESPAC, 2019).

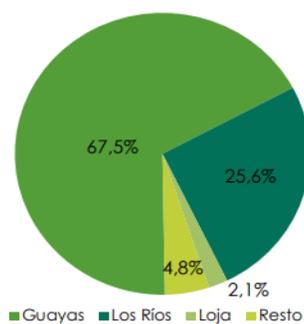
En el año 2019, el área destinada a cultivos permanentes fue de 1'439.504 hectáreas, lo cual presentaba un crecimiento del 3,9% con relación al año anterior. Se tiene así que en la región Costa se concentra la mayor superficie con un 72,6%, la cual es seguida de la Sierra con 17,5% y la Amazonía con el 9,9%. En cuanto a los cultivos transitorios, en la tabla 2, se puede observar que la superficie en el 2019 fue de 769.708 hectáreas, presentando una variación negativa del 3,7% con relación al 2018. La región Costa cuenta con el 67,6% de la superficie total, seguida de la Sierra con el 29,4% y la Amazonía con el 3% (INEC, 2019).

**Tabla 3 Superficie según región, por uso agropecuario (En hectáreas).**

Regiones	Permanentes	Transitorios y barbecho	Pastos Cultivados	Pastos Naturales
Sierra	251.332	226.048	542.866	601.249
Costa	1'045.478	519.967	1'101.785	216.770
Amazonía	142.693	23.692	340.843	97.824
Total	1'439.504	769.708	1'985.494	915.843

**Fuente:** (ESPAC, 2019).

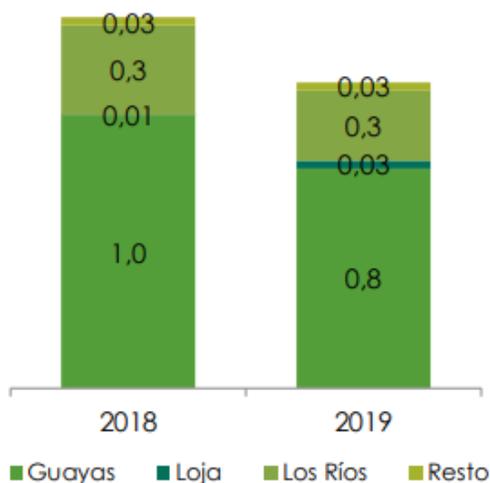
La producción de arroz se realiza durante todo el año en forma escalonada y en ciertas zonas, se siembra hasta tres ciclos en el año. La superficie total cosechada de arroz en 2019 fue de 257.273 hectáreas, registrando una variación negativa del 13,8% en comparación con el 2018.



**Figura 13 Porcentaje de participación en la superficie cosechada de arroz**

**Fuente:** (ESPAC, 2019).

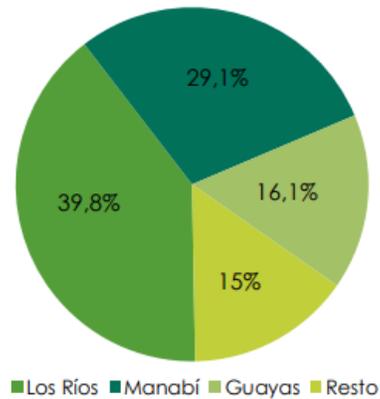
El cultivo de arroz está localizado casi en su totalidad en la Región Costa. Las provincias del Guayas y Los Ríos sumaron el 95,2% de la superficie total cosechada, tal como se muestra en la figura 10, la producción de arroz en cáscara fue de 1,1 millones de toneladas con una variación negativa del 18,6%. La provincia del Guayas, la se dedica más a la producción de éste cultivo, ya que concentra el 67,5% de la producción total (INEC, 2019).



**Figura 14 Producción de arroz en cáscara 2018- 2019,**  
**(En millones de Tm).**  
**Fuente:** (ESPAC, 2019).

El maíz duro seco se siembra hasta dos ciclos en el año. La principal cosecha de este cultivo ocurre a inicios de mayo. A nivel nacional la superficie cosechada de maíz duro seco fue de 322.846 hectáreas, presentando un decrecimiento del 11,6% en comparación con 2018. El maíz duro seco se encuentra localizado principalmente en la Región Costa, como son: las provincias de Los Ríos, Guayas y Manabí concentran el 85% de la superficie total cosechada de este producto. La producción fue de 1,4 millones de toneladas, registrando un crecimiento del 11,8%. La provincia de los Ríos es la que más se dedica a este cultivo, con una participación del 43,8% de la producción nacional, la provincia de Manabí se sitúa en segundo lugar con el 28,1%

y en tercer lugar está la provincia de Guayas con el 16,3% de la producción nacional del cereal (INEC, 2019).



**Figura 15 Participación en superficie cosechada**  
*Fuente:* (ESPAC, 2019)

### **Análisis de la encuesta – servicio**

En el estudio ha sido necesario el empleo de métodos de investigación operativa tales como: programación lineal y red PERT/CPM, los mismos que en base a un formulario de preguntas, se pudo conocer por parte de las empresas de cultivos tropicales su percepción acerca del servicio que se le otorga en fumigación aérea de cultivos tropicales.

A continuación, se detalla la tabulación de los resultados de la encuesta-servicio realizada:

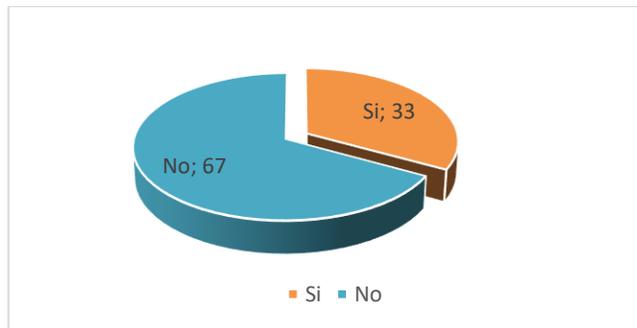
**En cuanto a la pregunta no. 1, ¿Tiene la empresa que usted dirige una metodología técnica para sus procesos de fumigación para pymes?**

**Objetivo:** Conocer si existe la aplicación de metodología técnica en los procesos de fumigación para pymes.

**Tabla 4 Empresas que tienen metodología técnica para sus procesos de fumigación**

Descripción	No. de Empresas	% de Part.
Sí	14	33
No	28	67
Total	42	100

*Fuente: Encuesta a empresas de fumigación  
Elaboración: Fernando Montoya*



**Figura 16 Empresas que tienen metodología técnica para sus procesos de fumigación**  
*Fuente: Tabla 1  
Elaboración: Fernando Montoya*

**Interpretación:** Con respecto a la pregunta no. 1, se conoce que las empresas que **SI** tienen una metodología técnica para sus procesos de fumigación corresponden a un 33%, en cuanto que el 67% **NO** aplican esta metodología.

**Pregunta no. 2,** *¿Cree Ud. que es necesario la implementación de técnicas de investigación operativa para optimizar los servicios que ustedes ofertan de fumigación aérea para cultivos tropicales?*

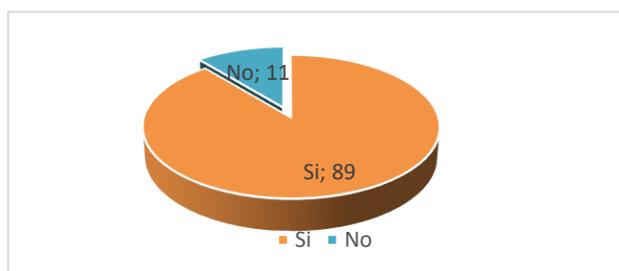
**Objetivo:** Conocer si se requiere de la implementación de técnicas de investigación operativa para optimizar los servicios de fumigación aérea.

*Tabla 5 Implementación de técnicas de investigación operativa*

Descripción	No. de Empresas	% de Part.
Sí	37	89
No	5	11
Total	42	100

*Fuente: Encuesta a empresas de fumigación*

*Elaboración: Fernando Montoya*



*Figura 17 Implementación de técnicas de investigación operativa*

*Fuente: Tabla 2*

*Elaboración: Fernando Montoya*

**Interpretación:** Con respecto a la pregunta no. 2, el 89% asegura que, **SI** es necesario la implementación de técnicas de investigación operativa para optimizar los servicios de fumigación aérea para cultivos tropicales, mientras que el 11% **NO** lo confirman.

**Pregunta no. 3,** *En cuanto a las operaciones de fumigación aérea de la empresa que Ud. dirige.*

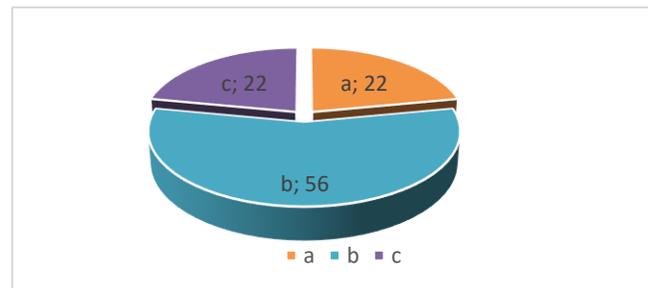
- a) *¿Utiliza algún método de fumigación?*
- b) *¿Considera Ud. que, los materiales que utiliza generan riesgos físicos y ambientales?*
- c) *¿Se realiza la preparación del equipo de fumigación con las debidas precauciones?*

**Objetivo:** Conocer si se utilizan métodos de fumigación que se utilizan, los materiales que utilizan generan riesgos y si realiza la preparación del equipo de fumigación con las debidas precauciones.

*Tabla 6 Métodos de fumigación/ materiales que generan riesgo*

Descripción	No. de Empresas	% de Part.
a) ¿Utiliza algún método de fumigación ?	9	22
b) ¿Considera Ud. que, los materiales que utiliza generan riesgos físicos y ambientales ?	24	56
c) ¿Se realiza la preparación del equipo de fumigación con las debidas precauciones ?	9	22
Total	42	100

*Fuente: Encuesta a empresas de fumigación  
Elaboración: Fernando Montoya*



*Figura 18 Métodos de fumigación/ materiales que generan riesgo  
Fuente: Tabla 3  
Elaboración: Fernando Montoya*

**Interpretación:** Con respecto a la pregunta no. 3, un 22 % confirma que, si se utilizan métodos de fumigación, en cuanto el 56 % asegura que los materiales que utilizan generan riesgos y el 22% indica que se realiza la preparación del equipo de fumigación con las debidas precauciones.

**En referencia a la pregunta No. 4,** *En cuanto a los beneficios de tener un sistema de programación y rutas críticas para el proceso de fumigación en plantaciones agrícolas.*

*¿Cuál de los siguientes prepondera?*

- a) *Aspersión por goteo normal.*
- b) *Fumigación por hectáreas o por tipo de cultivo*
- c) *Plan de fumigación por tiempos y por diagramas de recorrido.*

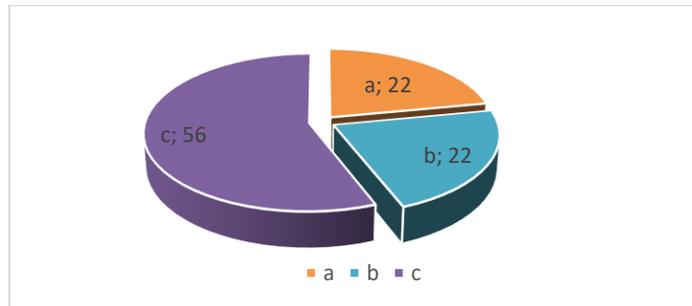
**Objetivo:** Conocer el sistema que prepondera para el proceso de fumigación aérea.

*Tabla 7 Sistema que prepondera para el proceso de fumigación aérea*

Descripción	No. de Empresas	% de Part.
a) <i>Aspersión por goteo normal</i>	9	22
b) <i>Fumigación por hectáreas o por tipo de cultivo</i>	9	22
c) <i>Plan de fumigación por tiempos y por diagramas de recorrido.</i>	24	56
<b>Total</b>	<b>42</b>	<b>100</b>

*Fuente: Encuesta a empresas de fumigación*

*Elaboración: Fernando Montoya*



*Figura 19 Sistema que prepondera para el proceso de fumigación aérea*

*Fuente: Tabla no. 4*

*Elaboración: Fernando Montoya*

**Interpretación:** Con respecto a la pregunta no. 4, el 22% indica que los beneficios de tener un sistema de programación y rutas críticas para el proceso de fumigación en plantaciones agrícolas prepondera la opción a) aspersión por goteo normal, en cuanto que el 22% es por b) fumigación por hectáreas o por tipo de cultivo y un 56% se lo realiza con un c) plan de fumigación por tiempos y por diagramas de recorrido.

**Sinopsis de la Encuesta.** - El trabajo direccionado con metodologías de minimización de costos y maximización de utilidades, es la preferencia de los jefes operacionales y gerentes de las empresas fumigadoras aéreas, en la que se denota la predisposición por implementar los recursos técnicos de la investigación operativa e ingeniería de métodos en las operaciones de fumigación de las empresas que mayormente están direccionadas a este servicio aéreo, que ofrecen al conglomerado de pequeñas y medianas empresas de la actividad agrícola de cultivos tropicales.

## **Capítulo 4**

### **Propuesta**

#### **Determinación y aplicación de modelos de programación lineal para la optimización del servicio de fumigación de cultivos tropicales - Método de Programación Lineal Simplex**

La gestión empresarial de cualquier negocio se cimienta en dos grandes eslabones que dan paso a la administración de los recursos materiales técnicos y humanos: la gestión operativa y la económica-financiera. La aplicación de la programación lineal como uno de los tópicos de las técnicas de investigación operativa forman parte de la gerencia operacional que puede ser aplicada con el objetivo de minimizar costos con la finalidad de maximizar utilidades de toda empresa. En la investigación propuesta se quiere lograr los resultados de conocer cuáles serían los mejores rendimientos y rentabilidad de los procesos de fumigación aérea por medio de aviones ultraligeros para cinco cultivos que pasan a ser los más representativos dentro de las plantaciones tropicales que existen en el Ecuador y que forman parte de las pymes agrícolas analizadas en este contexto.

## Definición de las variables de decisión

Se han tomado las variables para el modelo que han sido descritas en el análisis del servicio de fumigación son las siguientes:

### Superficie

Representa la cantidad de hectáreas que se dispone para realizar la fumigación según el tipo de cultivo tropical. La capacidad total de hectáreas que se dispone es de 91.449 (Has); concernientes al 15% de pymes agrícolas que utilizan a nivel de staff servicios de fumigación aérea y que corresponden a fincas y haciendas menores de 100 hectáreas, el porcentaje restante son grandes haciendas y corporaciones agrícolas que manejan su propia flota de fumigación aérea sea en avionetas, helicópteros o drones. La producción de cultivos tropicales a nivel nacional ha tenido una tendencia importante en el 2019 respectivamente. Representando como el más importante un hectareaje de maíz duro A pesar de que el 2014 la producción nacional decreció en 29% con respecto al año anterior logro permanecer en el mercado y exportar en grandes cantidades en estos últimos años (INEC, 2019).

**Tabla 8 Superficie, según Producción y Superficie Cosechada de Cultivos Transitorios Tropicales (año 2019, Hectáreas y Toneladas métricas)**

CULTIVOS TRANSITORIOS		COSECHADA	PRODUCCIÓN (Tm.)	SUPERFICIE (servicio de fumigación)
ARROZ (EN CÁSCARA)	Solo	257.004	1.098.383	20.560
	Asociado	269	1.303	40
CEBOLLA	Solo	7.544	42.455	4.904
	Asociado			
FRÉJOL SECO (GRANO SECO)	Solo	12.761	8.357	8.295
	Asociado	11.245	6.387	1.687
MAÍZ DURO SECO (GRANO SECO)	Solo	315.656	1.454.284	22.096
	Asociado	7.191	25.486	1.079
MAÍZ SUAVE CHOCLO (EN CHOCLO)	Solo	16.697	71.043	10.853
	Asociado	1.742	3.281	261

\* Para efecto de cálculos de programación lineal se ha tomado cultivos agrícolas de pymes que conforman el 15% de la superficie total cosechada que corresponde a plantaciones pymes que usualmente contratan los servicios de fumigación aérea  
**Fuente:** (INEC, Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria, 2019)

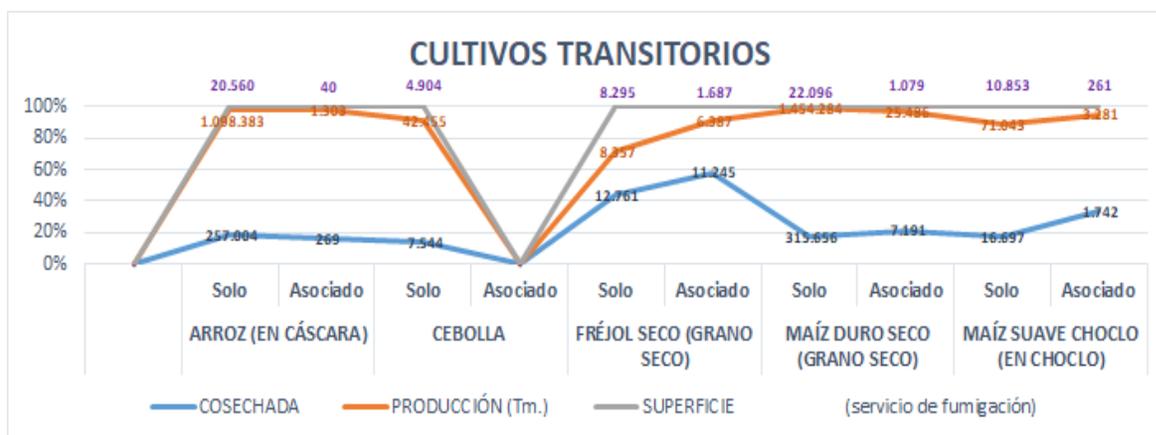


Figura 20 Superficie, según Producción y Superficie Cosechada de Cultivos Transitorios Tropicales  
Fuente: Tabla 4/ (INEC, 2019)

Los cultivos tropicales han sido en todas las épocas productos de consumos masivos y de gran producción. El de mayor rendimiento por hectárea de cultivo es la cebolla con 50 toneladas métricas por hectárea, siguiéndole en orden de importancia el maíz duro con 18 toneladas métricas por hectárea, dejando como el cultivo de menor rendimiento el fréjol con una potencialidad de cosecha por hectárea que está en los 3.3 toneladas métricas estos valores corresponden al año 2019 del total nacional de cultivos tropicales analizados en el estudio.



Figura 21 Rendimiento en toneladas métricas por tipo de cultivo tropical  
Fuente: Tabla 8/ (INEC, 2019)

### **Tiempo de Cosecha**

Los días que corresponden a cosechas de cultivos que requieren de fumigación es de 870.

### **Horas/Vuelo**

Se consideran las horas de vuelo que se requieren para el proceso del cultivo de ciclo corto, este resulta de la división de la superficie plantada para cada 20 hectáreas donde se aplica el servicio de fumigación teniendo 963 (Hr. /Has).

### **Costo de Operación**

Se obtuvo el costo de operación al multiplicar la superficie por hectáreas plantadas donde el costo de servicio de fumigación aérea es de \$5 para cada hectárea, obteniendo así un total de \$333.539.

### **Costo de Servicio**

Este es calculado a partir del costo de operación más el porcentaje por prestación de servicios (35%); lo cual totaliza \$450.278.

### **Aplicación de químicos de fumigación aérea**

Para la prevención de los hongos e insectos se debe realizar una fumigación dependiendo del tipo de cultivo de ahí se tiene que el de mayor rotación por tiempo del sembrío es la cebolla con 7 aplicaciones hasta su cosecha, siguiéndole en orden de importancia el arroz y el frejol a los cuales se les hace 5 fumigaciones durante la cosecha en la cual se mezclan todos los fungicidas para próximamente ser expandidos en todo el bloque de cultivo. Al fumigar se toma en cuenta la ventilación del espacio físico, si no existe suficiente ventilación se puede perder todo el lote de la

variedad cultivada, esto debido a la cantidad de líquidos concentrados y también a la entrada de vellosa por la no ventilación.

La aplicación de los fertilizantes es líquida y por aspersión a través de los serpentines que tienen de forma perpendicular los ultraligeros, donde la manguera conectada al reservorio de químico, junta el agua con el fertilizante aplicado la cual permite que llegue el fertilizante a toda la zona de fumigación.

## Utilidad

La utilidad se la obtiene entre la diferencia del costo del servicio y el costo de operación, esto nos da un valor de \$116.739.

**Tabla 9 Datos por Variedad**

TIPO DE CULTIVO	ARROZ	MAÍZ DURO	MAÍZ SUAVE	CEBOLLA	FRÉJOL	CAPACIDAD
SUPERFICIE	20.560	22.096	10.853	4.904	8.295	66.708
TIEMPO DE COSECHA (días)	170	120	70	300	210	870
HORAS_VUELO (Hr./Has)	206	368	271	35	83	963
COSTO DE OPERACIÓN (dólares)	102.802	110.479	54.265	24.519	41.474	333.539
COSTO DEL SERVICIO (dólares)	138.782	149.147	73.258	33.101	55.989	450.278
UTILIDAD	35.981	38.668	18.993	8.582	14.516	116.739

\* Número de aplicaciones de fumigaciones por tipo de cultivo: 5 para arroz;

3 para maíz duro; 2 para maíz suave; 7 para cebolla y 5 para fréjol

\*\* Una hora de fumigación con un ultraligero cubre aproximadamente: 20 hectáreas

\*\*\*Costo de fumigación (operación del ultraligero): (5 USD cada/Hectárea)

**Fuente:** (INEC, 2019) (WIKIFARMER, 2017), (Torres et al., 2013)

*Tabla 10 Determinación de la Utilidad*

<b>VARIEDAD</b>	<b>X1</b>	<b>X2</b>	<b>X3</b>	<b>X4</b>	<b>X5</b>
<b>COSTO DE OPERACIÓN</b> (dólares)	102.802	110.479	54.265	24.519	41.474
<b>COSTO DEL SERVICIO</b> (dólares)	138.782	149.147	73.258	33.101	55.989
<b>UTILIDAD</b> (dólares)	35.981	38.668	18.993	8.582	14.516

*Fuente: Tabla 8*

### **Utilidad**

La utilidad adquirida resulta de la diferencia entre el costo del servicio y costo de operación es de \$116.739.

### **Definición de la función objetivo**

#### **Función objetivo del Modelo**

**X<sub>1</sub>**: Hectáreas fumigadas de cultivo de arroz

**X<sub>2</sub>**: Hectáreas fumigadas de cultivo de maíz duro

**X<sub>3</sub>**: Hectáreas fumigadas de cultivo de maíz suave

**X<sub>4</sub>**: Hectáreas fumigadas de cultivo de cebolla

**X<sub>5</sub>**: Hectáreas fumigadas de cultivo de frejol

$$Z_{\max} = 35.981 X_1 + 38.668X_2 + 18.993X_3 + 8.582X_4 + 14.516X_5$$

### **Determinación de las restricciones**

La información consolidada de las restricciones se puede observar en la Tabla 11.

### 1) Restricción

La cantidad de hectáreas por superficie no puede ser mayor a las que reciben los servicios de fumigación que es de 66.708

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 \leq 66.708$$

### 2) Restricción

Las horas de vuelo empleadas en el proceso de fumigación aérea se obtiene a partir de las horas de vuelo empleado en cada cultivo, tomando como base que en cada hora de fumigación aérea se cubren 20 hectáreas.

$$\frac{206}{20}X_1 + \frac{368}{20}X_2 + \frac{271}{20}X_3 + \frac{35}{20}X_4 + \frac{83}{20}X_5 \leq 963$$

### 3) Restricción

El combustible necesario para el proceso de fumigación se calcula por el consumo de cada hectárea que es \$10, donde el costo del galón es de \$5 para aviones ultraligeros y poder así cubrir 20 hectáreas por cada hora de fumigación, la capacidad de combustible del ultraligero es de 30 galones de combustible, que le permitirá realizar su recorrido durante las aplicaciones necesarias para cada cultivo de ciclo corto.

$$\text{Combustible: } \frac{\$10}{h} X \frac{1 \text{ galón}}{\$5} X \frac{ha}{20 ha} = \frac{1 \text{ galón}}{10 ha}$$

$$\frac{5}{10}X_1 + \frac{3}{10}X_2 + \frac{2}{10}X_3 + \frac{7}{10}X_4 + \frac{5}{10}X_5 \leq 30$$

**Tabla 11 Restricciones**

VARIEDAD	X1	X2	X3	X4	X5	≤
SUPERFICIE (Has)	1	1	1	1	1	66.708
	<u>206</u>	<u>368</u>	<u>271</u>	<u>35</u>	<u>83</u>	
HORAS DE VUELO (h)	<u>20</u>	<u>20</u>	<u>20</u>	<u>20</u>	<u>20</u>	963
	<u>5</u>	<u>3</u>	<u>2</u>	<u>7</u>	<u>5</u>	
COMBUSTIBLE (gal)	<u>10</u>	<u>10</u>	<u>10</u>	<u>10</u>	<u>10</u>	30

*Fuente: Tabla 9*

### Ejecución del modelo de programación lineal simplex

Se realizó el proceso del cálculo a partir del modelo de programación lineal con método simplex, por medio del software Lindo, una vez establecidas la función objetivo, así como las restricciones, nos proporcionó los datos a continuación:

**Tabla 12 Resultado del Modelo Simplex- Software Lindo**

```

LP OPTIMUM FOUND AT STEP      0

      OBJECTIVE FUNCTION VALUE
    1)      2641052.

VARIABLE      VALUE      REDUCED COST
X1 ARROZ      43.060558      0.000000
X2 MAÍZ DURO  28.232407      0.000000
X3 MAÍZ SUAVE 0.000000      8579.330078
X4 CEBOLLA    0.000000      24083.052734
X5 FRÉJOL     0.000000      12869.393555
    
```

*Fuente: Software Lindo*

La cantidad de hectáreas óptimas que maximizan la utilidad de las empresas que prestan los servicios de fumigación se da en con el cultivo de ciclo corto arroz con 43 hectáreas y maíz duro 28 hectáreas obteniendo una total de \$2.641.052 por el servicio ofrecido.

Tenemos las variables de holgura las mismas que nos muestran aquellos recursos no empleados, esto es según las restricciones aplicadas, donde nos ofrece resultados por superficie plantada una cantidad de 66.708, horas de vuelo óptimo de 963 por año y empleo de combustible menor al requerido donde existe una diferencia mínima con respecto a lo establecido

evidenciando una utilización óptima de recursos, el consumo de combustible necesario es de 30 galones para cubrir la fumigación de cultivos tropicales durante 3 horas por cada aplicación, por cuanto un galón abarca cada 10 hectáreas de fumigación aérea.

**Tabla 13 Resultado Variables Holgura Software Lindo**

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2) SUPERFICIE	66636.710938	0.000000
3) HORAS DE VUELO	0.000000	1397.659546
4) COMBUSTIBLE	0.000000	43170.210938

*Fuente: Software Lindo*

### Comprobación de los resultados

Para realizar la comprobación de las restricciones se reemplazan los datos que se han obtenido en las ecuaciones de las restricciones establecidas, las mismas se detallan a continuación:

#### 1) Restricción

Se obtiene el cumplimiento del límite en superficie que recibe los servicios de fumigación.

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 \leq 66.708$$

$$43+28+0+0+0 \leq 66.708$$

$$71 \leq 66.708$$

Se cumple la primera restricción debido a que la cantidad de superficie requerida para la fumigación aérea es menor a la superficie disponible.

#### 2) Restricción

Cumplimiento de las horas de vuelo empleadas en el proceso de fumigación aérea.

$$\frac{206}{20}X_1 + \frac{368}{20}X_2 + \frac{271}{20}X_3 + \frac{35}{20}X_4 + \frac{83}{20}X_5 \leq 963$$

$$\frac{206}{20}(43) + \frac{368}{20}(28) + \frac{271}{20}(0) + \frac{35}{20}(0) + \frac{83}{20}(0) \leq 963$$

$$443 + 515,20 + 0 + 0 + 0 \leq 963$$

$$958,20 \leq 963$$

De esta forma se cumple la segunda restricción donde las horas de vuelo empleadas para la fumigación de cultivos tropicales es menor a las horas programadas.

### 3) Restricción

Se realiza el cumplimiento del límite de combustible necesario para las aplicaciones de fumigación por cada hectareaje de cultivo tropical durante las horas de vuelo del ultraligero.

$$\frac{5}{10}X_1 + \frac{3}{10}X_2 + \frac{2}{10}X_3 + \frac{7}{10}X_4 + \frac{5}{10}X_5 \leq 30$$

$$\frac{5}{10}(43) + \frac{3}{10}(28) + \frac{2}{10}(0) + \frac{7}{10}(0) + \frac{5}{10}(0) \leq 30$$

$$21,50 + 8,4 \leq 30$$

$$29,9 \leq 30$$

Se cumple la tercera restricción, por cuanto el consumo de combustible empleado para la fumigación de cultivos tropicales es menor al que consume cada avión ultraligero.

### Interpretación

En las siguientes tablas se evidencia que existen aumentos plausibles con respecto a la fumigación aérea de cultivos tropicales de ciclo corto, de igual forma se tiene los aceptables decrementos, aunque esto no debe afectar a la maximización de la utilidad, tanto de las variables definidas, así como de las restricciones.

**Tabla 14 Máximo incremento y mínimo decremento**

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:

VARIABLE	OBJ COEFFICIENT RANGES		
	CURRENT COEF	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
X1 ARROZ	35981.000000	28465.666016	9884.598633
X2 MAÍZ DURO	38668.000000	23227.691406	11117.647461
X3 MAÍZ SUAVE	18993.000000	8579.329102	INFINITY
X4 CEBOLLA	8582.000000	24083.050781	INFINITY
X5 FRÉJOL	14516.000000	12869.392578	INFINITY

*Fuente: Software Lindo*

**Tabla 15 Restricciones máximo incremento y mínimo decremento**

ROW	RIGHTHAND SIDE RANGES		
	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2 SUPERFICIE	66708.000000	INFINITY	66636.710938
3 HORAS DE VUELO	963.000000	877.000061	345.000031
4 COMBUSTIBLE	30.000000	16.747572	14.298913

*Fuente: Software Lindo*

### **Análisis y variaciones de Impacto Financiero por la Racionalización de los Costos**

Para la implementación de la propuesta planteada, se ha considerado los costos generados por los servicios de fumigación aérea en cultivos tropicales por medio de equipos ultraligeros, donde la tasa de recuperación está dada por los egresos versus el correspondiente rendimiento de las utilidades que obtendrían las empresas prestadoras de estos servicios, por cuanto, los ingresos se darían por los potenciales agricultores que solicitan los servicios de fumigación aérea para sus cultivos de ciclo corto.

Tenemos que en un periodo de 5 años el ingreso anual, tiende a crecer con una tasa promedio del 3.3%, donde para el primer año la utilidad para las empresas que prestan los servicios de fumigación se da en con los cultivos de ciclo corto arroz con 43 hectáreas y maíz duro 28 hectáreas obteniendo una total de \$2.641.053 por el servicio ofrecido en el primer año, mientras que al quinto año se obtiene una utilidad de \$2.939.982. (Ver tabla 16)

Dentro del análisis de evaluación integral del proyecto, tenemos el Valor Actual Neto (VAN), el mismo que nos ayuda en la toma de decisiones para conocer si el servicio que ofrecemos es óptimo y si resultaría rentable este tipo de negocios.

Se presenta a continuación la tabla con el rendimiento financiero en los servicios de fumigación aérea de cultivos tropicales con proyección a 5 años:

**Tabla 16 Rendimiento Financiero Proyectado Empresas de Fumigación Aérea**

RENDIMIENTO FINANCIERO PROYECTADO								
VALORES EN REDUCCIÓN DE COSTOS	UTILIDAD EN LA PROPUESTA	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
a. CULTIVOS ÓPTIMOS								
Arroz	43,060558	35.981,00		1.549.361,9	1.584.997,3	1.621.452,2	1.658.745,6	1.696.896,7
Maíz duro	28,232407	38.668,00		1.091.690,7	1.127.716,5	1.164.931,2	1.203.373,9	1.243.085,2
Inversión Capital de Trabajo			5.657.634,0					
b. SALDO FINAL DE CAJA (a-b)			-5.657.634,0	2.641.053	2.712.714	2.786.383	2.862.119	2.939.982
VAN = \$		3.210.758,34						
TIR =		39,18%						

*Fuente: Tabla 9*

Para este tipo de servicios de fumigación aérea, se ha obtenido un VAN del proyecto por \$3.210.758,34, como saldo positivo (Ver Tabla 16); por lo tanto, se recomienda la puesta en marcha de los servicios de fumigación aérea por medio equipos ultraligeros, para la maximización de utilidades en cada empresa que presta estas actividades comerciales.

Se ha calculado una Tasa Interna de Retorno (TIR), que es una variable de decisión gerencial porcentual, que ayudará a confrontar el nivel de rendimiento de la propuesta, obteniendo así el rubro de inversiones máximo, dando a conocer a las empresas de fumigación aérea, que resulta una gran inversión la prestación de sus servicios por medio de equipos ultraligeros.

Una vez que se ha obtenido las variables necesarias dentro del análisis financiero para la racionalización de los costos de los servicios de fumigación aérea por medio de equipos ultraligeros, se demuestra su análisis de sensibilidad donde se obtienen datos tanto positivos como negativos a partir de sus costos que se han generado durante la prestación de sus servicios.

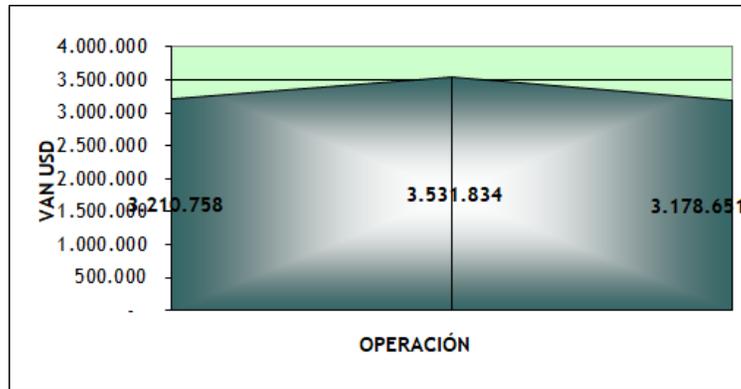
Tenemos así dos variables que sirven para precisar y proteger a las empresas que prestan sus servicios de fumigación aérea. La primera, es el costo de operación; y, la segunda, es el costo del servicio que se utilizarían para la puesta en marcha de este tipo de actividad que emplean muchas empresas. Donde se han establecido márgenes de +10% y -10%, en cuanto a los costos generados por este tipo de negocio, se tiene que la tasa interna de retorno es de 39.18%.

En el primer escenario (variación en el costo de operación), el cual si aumenta un 10% da como resultado un de 43.09% y mientras si disminuye un 10%, arroja un 35.61%, sin embargo, el valor económico que da la aceptabilidad a todos estos porcentajes o variables de cambio es el valor actual neto (VAN). Para el escenario de +10% en el precio del servicio, se registra la cantidad de \$3.531.834, mientras que para el escenario pesimista del -10% del precio del servicio, se tiene un saldo de \$ 3.178.651; se tiene así que en los dos escenarios resulta factible este tipo de negocios.

**Tabla 17 Análisis de variación en el costo de operación**

Variación	TIR (%)	VAN (USD)	Lineamiento de análisis del proyecto
0%	39,18%	3.210.758	Aceptar
+10%	43,09%	3.531.834	Aceptar
-10%	35,61%	3.178.651	Aceptar

**Fuente: Tabla 9**



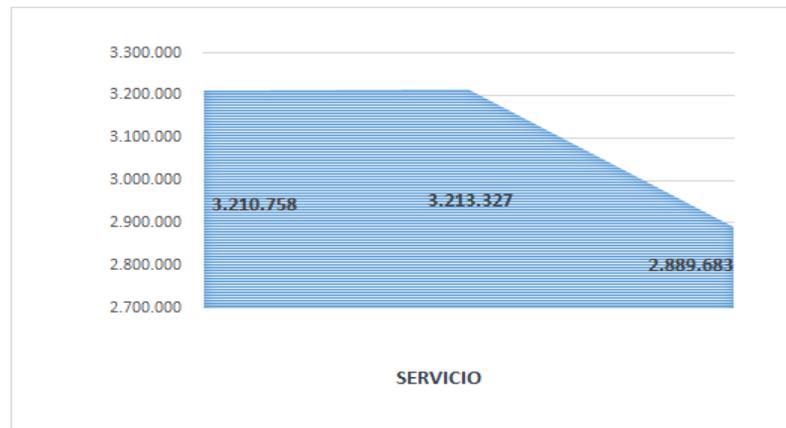
**Figura 22** Análisis de variación en el costo de operación

En cuanto al segundo escenario (variación en el costo del servicio), podemos evidenciar que la tasa interna de retorno, si aumenta un 10% el costo da como resultado un 42,31%, en cuanto que, si disminuye un 10%, arroja un 36,27%.

**Tabla 18** Análisis de variación en el costo del servicio

Variación	TIR (%)	VAN (USD)	Lineamiento de análisis del proyecto	COSTO DEL SERVICIO
0%	39,18%	3.210.758	Aceptar	450.278
+10%	42,31%	3.213.327	Aceptar	495.306
-10%	36,27%	2.889.683	Aceptar	409.344

**Fuente:** Tabla 9



**Figura 23** Análisis de variación en el costo del servicio

De esta forma, el valor económico para el aumento del +10% en el costo del servicio, registra la cantidad de \$3.213.327, mientras que para el escenario del -10% en el costo del servicio, se tiene un saldo de \$2.889.683.

Para estos escenarios, la propuesta planteada es factible donde nos permite conocer el impacto de la racionalización de los costos que se generan en la prestación de servicios de fumigación aérea por medio de equipos ultraligeros, a continuación, se presenta un resumen del análisis de sensibilidad en los dos escenarios

*Tabla 19 Análisis de variación en el costo del servicio*

<b>Variables de Cambio</b>	<b>TIR (%)</b>	<b>VAN (USD)</b>	<b>Lineamiento de análisis del proyecto</b>
0%	39,18%	3.210.758	Aceptar
+10% PRECIO DEL SERVICIO	43,09%	3.531.834	Aceptar
-10% PRECIO DEL SERVICIO	35,61%	3.178.651	Aceptar
+10% PRECIO DE LAS CONSULTAS	42,31%	3.213.327	Aceptar
-10% PRECIO DE LAS CONSULTAS	36,27%	2.889.683	Aceptar

*Fuente: Tablas 18, 19*

### **Modelo de RED PERT/CPM**

El estudio del modelo de red PERT/CPM se ha realizado tomando como base el equivalente de rendimiento de fumigación aérea que en promedio es de una hora para cada 20 hectáreas.

### **Determinación de Actividades**

Se realizó el listado de actividades, que corresponden al proceso de servicio de fumigación donde se determinan los predecesores y antecesores de cada una de las actividades descritas, de igual forma los tiempos factibles durante el proceso de fumigación.

**Tabla 20 Actividades servicio de fumigación aérea**

METODO DE RED PER CPM							
TIEMPO EN MINUTOS							
N°	ACTIVIDADES	ANTES	ACT.	DESPUÉS	TIEMPO OPTIMISTA	TIEMPO ESTIMADO	TIEMPO PESIMISTA
A	Seleccionar químico	-	-	-	7	12	17
B	Llenar el reservorio	A	-	-	3	8	13
C	Montaje del Sistema	A	-	-	4	9	14
D	Inicio de recorrido	B	C	-	2	7	12
E	Fumigación	D	-	-	55	60	65
F	Fin de recorrido	D	-	-	1	6	11
G	Limpieza de reservorio	D	-	-	10	15	20
H	Limpieza de atomizadores	E	F	G	13	18	23

**Tabla 21 Actividades/Predecesores**

Horas/Hectáreas						
Activity	Optimistic time	Most Likely time	Pessimistic time	Predecessor 1	Predecessor 2	Predecessor 3
A	7	12	17			
B	3	8	13	A		
C	4	9	14	A		
D	2	7	12	B	C	
E	55	60	65	D		
F	1	6	11	D		
G	10	15	20	D		
H	13	18	23	E	F	G

*Fuente: Project Management (PERT/CPM)*

### Determinación del tiempo esperado

El tiempo que se espera es aquella relación existente los tiempos optimista, estimado y pesimista, este se calcula de acuerdo a la siguiente formula:

$$Te(z) = \frac{a + 4m + b}{6}$$

**Tabla 22 Tiempo esperado**

Horas/Hectáreas Solution								
Activity	Activity time	Early Start	Early Finish	Late Start	Late Finish	Slack	Standard Deviation	Variance
Project	106						3,73	13,89
A	12	0	12	0	12	0	1,67	2,78
B	8	12	20	13	21	1	1,67	2,78
C	9	12	21	12	21	0	1,67	2,78
D	7	21	28	21	28	0	1,67	2,78
E	60	28	88	28	88	0	1,67	2,78
F	6	28	34	82	88	54	1,67	2,78
G	15	28	43	73	88	45	1,67	2,78
H	18	88	106	88	106	0	1,67	2,78

**Tabla 23 Tiempos optimista, pesimista y esperado**

Horas/Hectáreas Solution							
	Optimistic time	Most Likely time	Pessimistic time	Activity time	Standard Deviation	Variance	
A	7	12	17	12	1,67	2,78	
B	3	8	13	8	1,67	2,78	
C	4	9	14	9	1,67	2,78	
D	2	7	12	7	1,67	2,78	
E	55	60	65	60	1,67	2,78	
F	1	6	11	6	1,67	2,78	
G	10	15	20	15	1,67	2,78	
H	13	18	23	18	1,67	2,78	
Project results							
Sum of crit act var							13,89
Square root of total					3,73		

$$Te (A) = \frac{7 + 4 (12) + 17}{6} = 12$$

$$Te (A) = \frac{3 + 4 (8) + 13}{6} = 8$$

$$Te (A) = \frac{4 + 4 (9) + 14}{6} = 9$$

$$2 + 4 (7) + 12$$

$$Te (A) = \frac{\quad}{6} = 7$$

$$Te (A) = \frac{55 + 4 (60) + 65}{6} = 60$$

$$Te (A) = \frac{1 + 4 (6) + 11}{6} = 6$$

$$Te (A) = \frac{10 + 4 (15) + 20}{6} = 15$$

$$Te (A) = \frac{13 + 4 (18) + 23}{6} = 18$$

### Matriz de Tiempos

El tiempo esperado en el que se realiza el proceso de fumigación es de 135 minutos que equivale a 2 horas 15 minutos.

*Tabla 24 Matriz de tiempos*

Activity	$t_o$	$t_m$	$t_p$	$t_e = \frac{t_o + 4 \cdot t_m + t_p}{6}$	$\sigma^2 = \left( \frac{t_p - t_o}{6} \right)^2$
A	7	12	17	12	2.78
B	3	8	13	8	2.78
C	4	9	14	9	2.78
D	2	7	12	7	2.78
E	55	60	65	60	2.78
F	1	6	11	6	2.78
G	10	15	20	15	2.78
H	13	18	23	18	2.78

## Determinación del Modelo de Red PERT

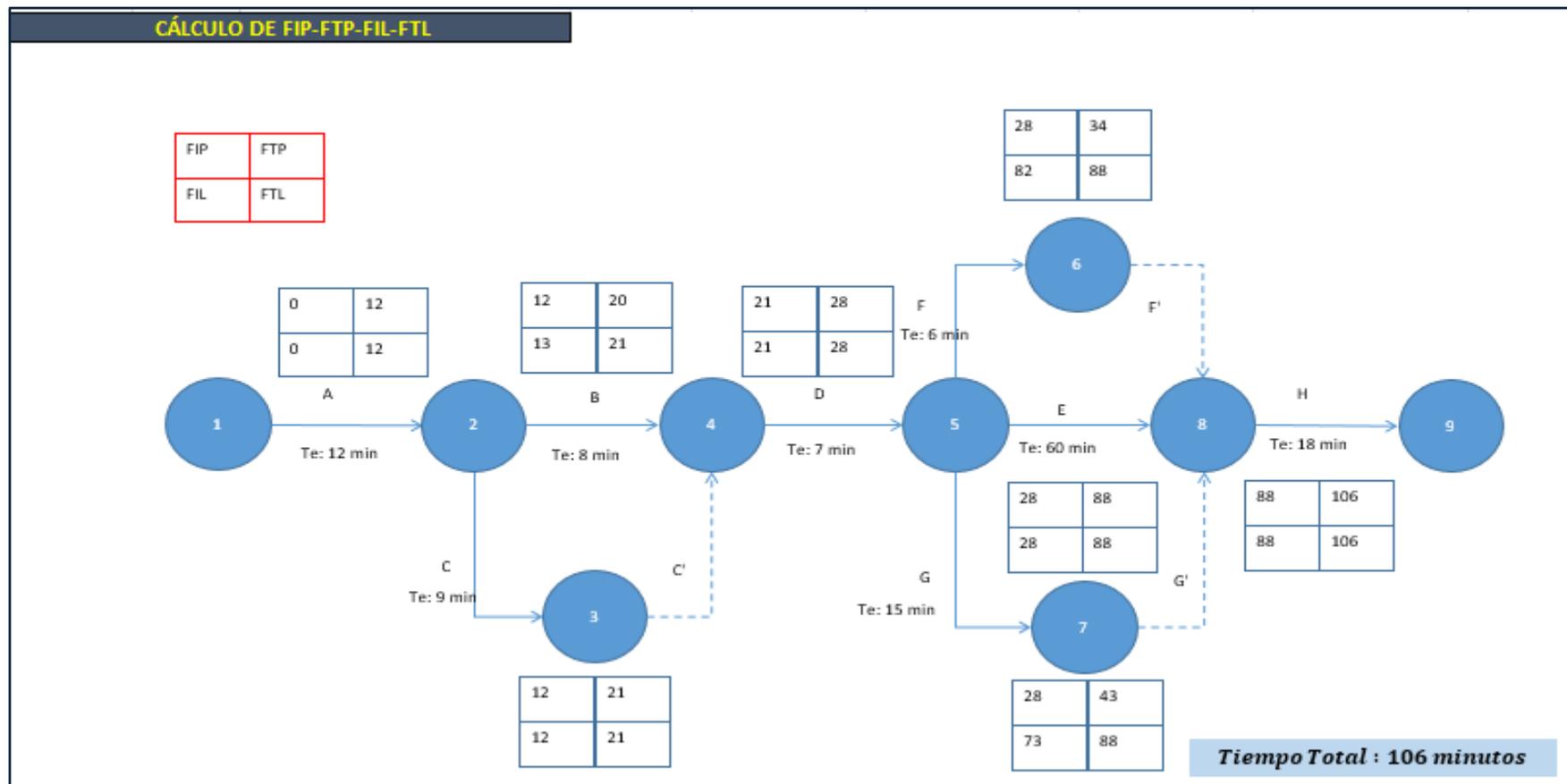


Figura 24 Diagrama Red PERT

En la figura 24 se muestra el diagrama con los tiempos esperados, donde se tiene los tiempos basados en las holguras de cada una de las rutas, tenemos como resultado un tiempo de 106 minutos.

Para la determinación de la ruta crítica del proyecto y conocer el tiempo óptimo para el proceso de fumigación de cultivos tropicales se aplicó la diagramación de la red PERT/CPM.

PERT (Program Evaluation and Review Technique), es una técnica de revisión y evaluación de programas, lo que nos permitió graficar el proceso para ir distribuyendo los tiempos mínimos y los tiempos máximos de cada operación dentro del proceso de fumigación aérea, a tal punto de comprimir la red, de tal forma que se pueda tener de todos los caminos y de las actividades que coadyuvan al proceso de fumigación y de elaboración del proyecto cual es el camino más óptimo o cual es la ruta más corta, que es denominada ruta crítica (Ver Figura 23); para así establecer cuál es el tiempo más recomendable en la elaboración del proyecto.

Con este método o diagrama PERT (figura 22), nos permite dirigir la programación del proyecto, a partir de la representación gráfica de una red de tareas que se deben realizar para alcanzar los objetivos del proyecto, lo cual nos permite realizar una correcta planeación y el control de las actividades dentro del proceso de fumigación aérea de cultivos tropicales por medio de equipos ultraligeros, donde el objetivo primario es determinar la probabilidad de cumplir con fechas de entrega específicas.

En otras palabras, para lograr que el proyecto se ejecute pronto, es necesario que las actividades de la ruta crítica deban realizarse pronto. Por otra parte, si se retarda una actividad de la ruta crítica, el proyecto como un todo se retarda de la misma forma, donde las actividades que no se hallan en la ruta crítica disponen de holgura; esto les permite empezarse más tarde, de esta forma el proyecto como un todo se mantenga en programa, por lo tanto, permiten PERT/CPM identificar estas actividades y la cantidad de tiempo disponible para retardos.

## Determinación de la Ruta Crítica

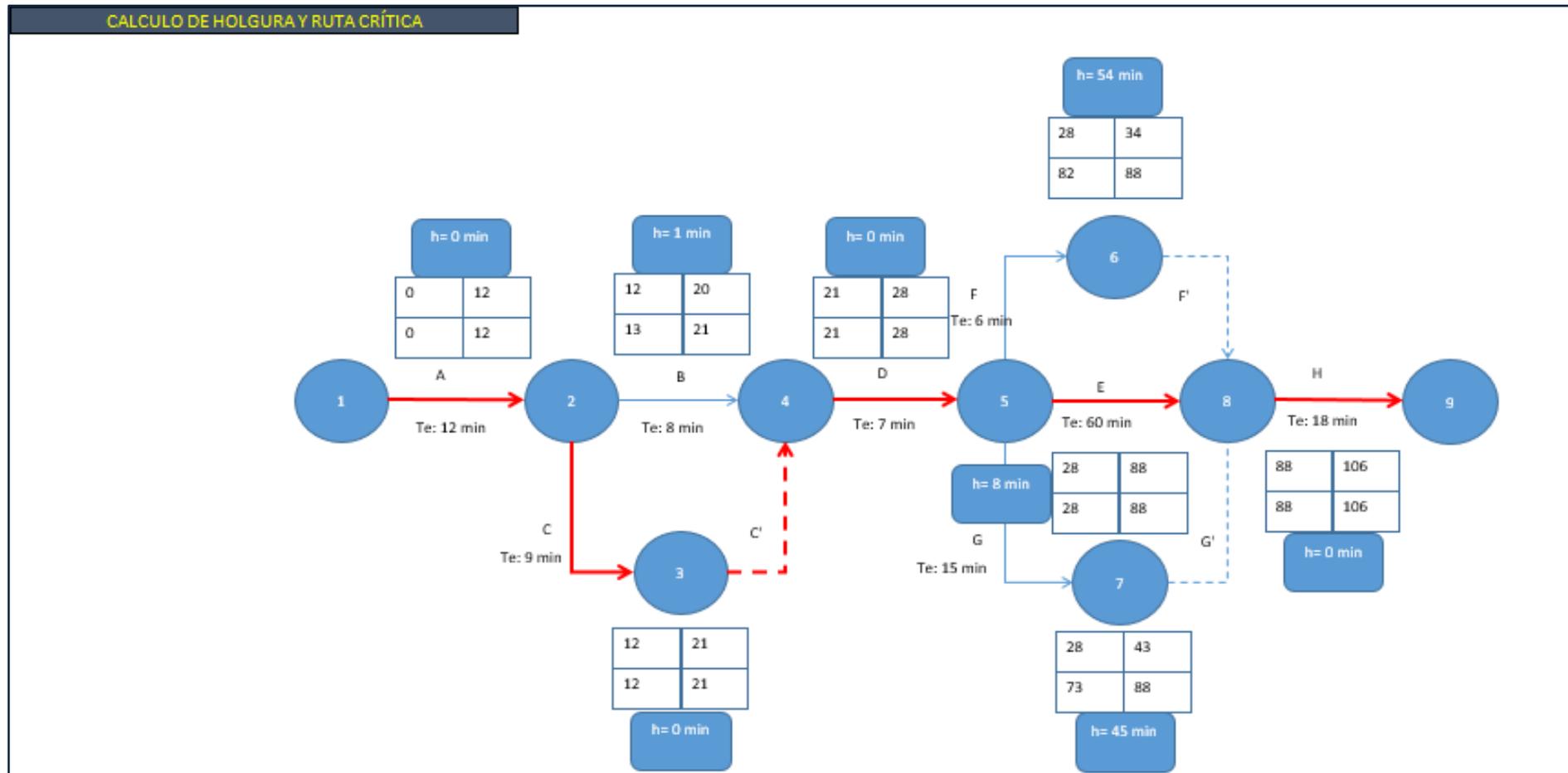
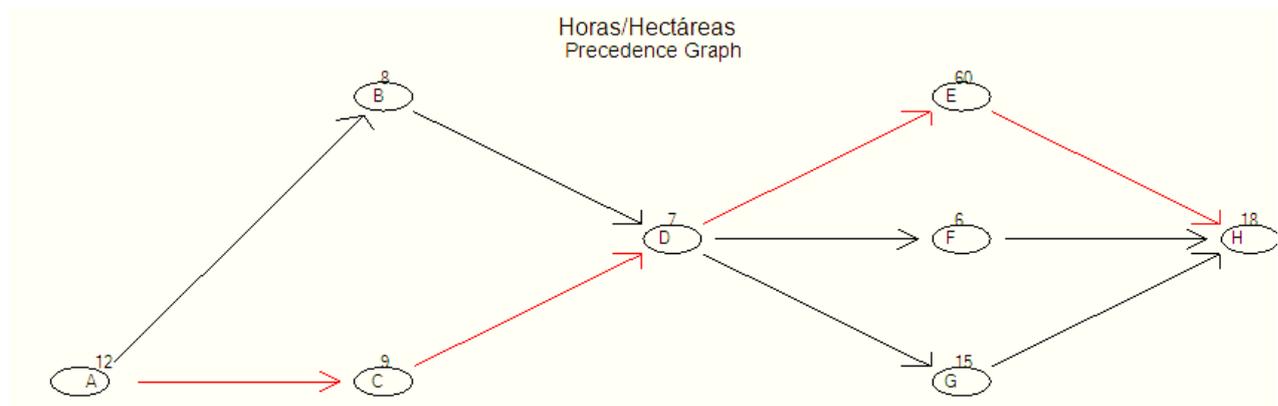


Figura 25 Ruta Crítica PERT/CPM

Una vez obtenida la red PERT, se realizó la diagramación de la red PERT/CPM. Donde CPM (Critical Path Method) es el método del camino crítico, es uno de los sistemas que siguen los principios de redes, el mismo que es utilizado para llevar la planeación, así como el control de los proyectos, lo cual se realiza añadiendo el concepto de costo al formato PERT. Con ello podemos conocer que operaciones son críticas, es decir, aquellas que aparecen en la ruta crítica, de esta forma de indican los puntos en que la dirección debe enfocar su atención para terminar el proyecto de fumigación área de cultivos tropicales en el tiempo fijado.

Existen actividades que, si llegan a retrasarse, pueden provocar un retraso de todo el proyecto; en cambio sí se adelantan, provocarían un adelanto en la conclusión del proyecto de fumigación aérea por medio de equipos ultraligeros. Este tipo de actividades reciben el nombre de Actividades Críticas, las cuales estando integradas conforman la Ruta Crítica (Camino Crítico), por lo que deben ser vigiladas con mayor cuidado por los profesionales que administran el proyecto de fumigación aérea de cultivos tropicales.



**Figura 26 Ruta Crítica/Project Management**

Se evidencia que la ruta crítica en el proceso de fumigación de cultivos tropicales de ciclo corto es:

**A – C – D – E – H**

$$12+9+7+60+18 = 106$$

De esta forma se conoce que el tiempo óptimo para el proceso de fumigación de cultivos tropicales es de 106 minutos, que corresponde a una 1 hora 46 minutos.

### **Determinación de la Probabilidad**

La probabilidad de que las empresas de fumigación pueden optimizar sus tiempos es alta por cuanto el proceso normal tiene una duración de 135 minutos, a partir del proceso de construcción de la RED PERT/CPM, este tiempo se optimizó en 106 minutos durante el proceso de fumigación de cultivos tropicales, lo cual se ha obtenido a partir de las diferentes actividades cada una con sus tiempos esperados que se obtuvieron en la figura 22.

## Capítulo 5

### Conclusiones y recomendaciones

#### Conclusiones

La necesidad de optimizar las operaciones tanto en costos como en tiempo en los servicios de fumigación aérea los cuales en los últimos años ha generado una alta demanda en las pymes agrícolas de cultivos tropicales, como así también en la actividad florícola de las áreas cultivable, obliga a las empresas que dan servicio de riego aéreo por goteo a adoptar practicas más efectivas de fumigación, que sea económicamente factibles. Debido a que el aumento en el uso de herbicidas y fertilizantes en los países en desarrollo es inevitable, a través de esta modalidad sobre todo en plantaciones que oscilan entre 40 o 50 hectáreas en adelante, lo cual se da esto debido al alza de los costos de la fuerza laboral.

Muchos empresarios de empresas de fumigación ofrecen sus servicios de aspersión aérea con ultraligeros, los cuales son muy beneficiosos para la producción de cultivos tropicales de ciclo corto, pero que puede también provocar algunas dificultades cuando son usados por personal no capacitado e inexperimentado que en tiempo y espacio toma demasiados periodos y valores monetarios.

Con la aplicación de un modelo de programación lineal, análisis por medio del método simplex y las técnicas PERT/CPM (técnicas de evaluación y proyectos y diagramación de rutas criticas); pueden optimizar el tiempo de fumigación por cada hectárea de cultivos con el fin de maximizar la utilidad de las empresas que prestan estos servicios.

El Modelo RED PERT CPM logro reducir el tiempo de realización del proceso de fumigación en un 21%; lo cual corresponde a 2 horas 15 minutos en que se realiza el proceso, por cuanto con el modelo de RED PERT CPM se puede realizar en 1 hora 46 minutos.

## Recomendaciones

Fomentar alianzas entre empresas del sector de fumigación aérea y cultivadores tropicales, que permita realizar acciones para la protección del sector agricultor de este tipo de cultivo de ciclo corto, impulsando la construcción de políticas que ayuden a su desarrollo conjunto a nivel nacional con relación a las diferentes plantaciones que corresponden a la región tropical, pese a las condiciones económicas estas se mantienen en constante crecimiento. Existiendo distintas dinámicas que puede asumir los empresarios agricultores para que sus plantaciones sean más eficientes y sus márgenes de utilidad mayor.

El amplio conocimiento mejorado de cultivos tropicales de ciclo corto en el que la fumigación aérea con ultraligero, permite la determinación de los períodos críticos de competencia, ayudará a los agricultores a identificar los momentos óptimos para la fumigación de sus cultivos y así mejorar la rentabilidad en plantaciones que son muy amplias en sus espectros de cosechas y demanda de producto, tal es el caso del arroz, maíz duro, maíz suave, cebolla y fréjol.

Se debe realizar un ajuste al proceso de fumigación de cultivos, trasladando el proceso de forma manual al tecnológico con la utilización de equipos aéreos de menor inversión y de mayor rendimiento como es el caso de los ultraligeros con el cual se pueda operar las diferentes variedades de cultivos de ciclo corto, y que lo más importante las pequeñas y medianas haciendas puedan optar por la contratación de la fumigación aérea sin temer a los costos operacionales en el que se incurra, ya que la fumigación aérea con ultraligeros es actualmente la más económica del mercado, bordeando los \$5 por hectárea muy por debajo de los precios de las avionetas, helicópteros que brindando servicios equivalentes sus costos promedian desde \$17 hasta \$33, como se denota los ultraligeros generan el más alto nivel de rentabilidad y utilidad para ambas partes.

Por esto como un aporte técnico académico, es necesario realizar un análisis de programación lineal y PERT/CPM, para que así las empresas que brindan sus actividades comerciales, puedan mantener un control de sus procesos del servicio de fumigación y conseguir maximizar sus utilidades, lo cual se lograría optimizando sus costos.

## Bibliografía

*Agrocalidad. (2017). Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro -*

*Resolución 0107. Quito.*

*Alphonse et al. (2003). Diseño preliminar del Avión USB-001-X para aplicación de insumos agroquímicos”, . Obtenido de*

*<http://biblioteca.usbbog.edu.co:8080/Biblioteca/BDigital/27700.pdf>*

*ARCSA. (2019). Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA).*

*Obtenido de <https://www.gob.ec/arcsa/tramites/permiso-funcionamiento-empresas-dedicadas-al-exterminio-control-plagas-vectores-enfermedades>*

*Basantes, E. (2015). Manejo de cultivos tropicales del Ecuador. Quito.*

*BCE. (2020). Reporte de Coyuntura Sector Agropecuario. Guayaquil.*

*Cerón, C. (2013). Autogiros- Arrow-Copter La evolución en el autogiro. Obtenido de*

*<http://www.motosyultraligeros.com/arrow-copter-la-evolucion-en-el-autogiro/>*

*Constitución de la República del Ecuador. (4 de febrero de 2015). Registro Oficial N° 431.*

*Obtenido de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu162538.pdf>*

*De Jesús, A., López, G., & González, J. (2012). CPM - PERT Aplicado a construcciones*

*civiles. Los Prados: AMIGO DEL HOGAR.*

*Ela Aviación. (2020). ELA 07 AGRO. Obtenido de <https://www.elaaviacion.com/07-agro>*

*Ernesto Martínez. (2018). Piloto de avión ultra ligero motorizado (ULM). 5ta Edición. pp. 1-*

*538.*

- Escudero, C., & L. Cortez. (2017). *Técnicas y métodos cualitativos para la investigación científica*. Machala: © Editorial UTMACH, 2018. ISBN: 978-9942-24-092-7.ESPAC.
- (2019). *Superficie Según Región, por uso Agropecuario*.
- Gómez, O., Quizhpe, L., Aguilar, R., & Quizhpe, Á. (2018). *Problemas de Programación Lineal*. Babahoyo: Centro de Investigación y Desarrollo Profesional - CIDEPRO.
- González, R. (2003). *Metodología de la Investigación Científica para las Ciencias Técnicas*. Cienfuegos: Universidad de Matanzas.
- Guerrero, S. (2015). *Diseño de una empresa de fumigación aérea con ultraligeros para optimizar cultivos tropicales*. Obtenido de <https://repositorio.pucesa.edu.ec/bitstream/123456789/1136/1/75669.pdf>
- INEC. (2019). *Boletín Técnico N° 01-2019-ESPAC*. Quito.
- INEC. (2019). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
- INIAP. (2015). *Instituto Nacional Autonomo de Investigaciones Agropecuarias*. Obtenido de [https://www.iniap.gob.ec/pruebav3/wp-content/uploads/2015/07/literal\\_k\)\\_proyecto\\_de\\_fortalecimiento\\_institucional\\_iniap.pdf](https://www.iniap.gob.ec/pruebav3/wp-content/uploads/2015/07/literal_k)_proyecto_de_fortalecimiento_institucional_iniap.pdf)
- Joglar, J. (2018). *Navegación y Sistemas de Navegación Aérea*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/327534412\\_Navegacion\\_y\\_Sistemas\\_de\\_Navegacion\\_Aerea](https://www.researchgate.net/publication/327534412_Navegacion_y_Sistemas_de_Navegacion_Aerea)
- Lora, E., & Prada, S. (2016). *Técnicas de medición económica: metodología y aplicaciones en Colombia (Quinta edición)*. Universidad Icesi.
- MAGAP. (2016). *La Política Agropecuaria Ecuatoriana*. Quito: ISBN: 978-9942-22-019-6.

- Mazón, S. (2014). *La Gestión Administrativa y la Satisfacción del cliente de la Empresa de Insumos Agrícola Rey Agro*. Ambato: pp. 1 - 188. Ministerio del Ambiente. (2015). *Acuerdo Ministerial No. 028*. Quito.
- Navia, J. (2019). *Optimización del proceso de fumigación agrícola aérea*. Quevedo: pp. 5-25.
- OCDE/FAO. (2011). *OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2011-2020*, OECD Publishing y FAO. [http://dx.doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2011-es](http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2011-es).
- ONU. (2002). *Guías sobre Buenas Prácticas para la Aplicación Aérea de Plaguicidas*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación: <http://www.fao.org/3/y2766s/y2766s00.htm>
- Pérez, C. (2013). *Investigación operativa*. Madrid: Garceta, Grupo Editorial.
- Pérez, H. (2018). *Cultivos tropicales de importancia económica en Ecuador (arroz, yuca, caña de azúcar y maíz)*. Machala: Editorial UTMACH.
- Pérez, I. (2019). *Aportes de la Biotecnología al Mejoramiento del Arroz en Ecuador*. *Revista Científica ECOCIENCIA*, 1-22.
- Pérez, O., & S. Guerrero. (2015). *Diseño de una empresa de fumigación aérea con ultraligeros para optimizar cultivos tropicales*. Ambato: pp. 1-65.
- Ramírez, A. (enero de 2012). *DISEÑO DE AERONAVES COMPUTARIZADO PARA ESTUDIANTES DE INGENIERÍA*. Bogotá: Biblioteca Universidad de San Buenaventura de Bogotá.
- Rincón, L. (2001). *Investigación de operaciones para Ingenierías y Administración de Empresas*. Cali: © Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira.

- Rodríguez, T., & Vásquez, M. (2018). *PLAN DE NEGOCIO PARA LA CREACIÓN DE UNA EMPRESA DE*. Obtenido de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/2211/1/T-ULVR-2009.pdf>
- Rustom, A. (2012). *Estadística Descriptiva, Probabilidad e Inferencia*. Santiago de Chile: ISBN: 978-956-19-0790-4. pp. 1-197.
- Salvador, B. (julio de 2016). *Aviación Ultraligera, normativa en España, Alemania y Reino Unido. Propuesta de unificación para una legislación común Europea*. Sabadell.
- Sonnino, A., & Ruane, J. (2010). *La Innovación en Agricultura como Herramienta de la Política de Seguridad Alimentaria: El Caso de las Biotecnologías Agrícolas*.
- Torres et al. (2013). *Caracterización de la producción de frijol en la provincia de Cotopaxi Ecuador: Caso comuna Panyatug*. *Ciencia y Tecnología* 6(1): 23-31., 9.
- Torres, R., Ortíz, F., Alvarado, A., & O. Báez. (2008). *Fumigación aérea con una nave ultraligera. Tegucigalpa: "Partnering to Success: Engineering, Education, Research and Development"*. *Sixth LACCEI International Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2008)*.
- Torres, R., Ortíz, F., Alvarado, A., & O. Báez. (6 de june de 2008). *Fumigación aérea con una nave ultraligera. Tegucigalpa: "Partnering to Success: Engineering, Education, Research and Development"*. *Sixth LACCEI International Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2008)*.
- Valencia, E. (2018). *Programación Llineal Problemas Resueltos Con Soluciones Detalladas*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Villamar, D. (2018). *Diseño de un sistema dinámico para fumigar parcelas de banano usadas en la evaluación de fungicidas"*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/130386/D-CD88682.pdf>

*Villarreal, K., & Vizuete, S. (2017). Análisis y aplicación de un modelo de programación lineal para la optimización de la exportación de flores, 2012-2016. Estudio de caso. 1-183. Quito.*

*WIKIFARMER. (2017). Cosecha de arroz, rendimiento por Hectárea y Almacenamiento. Obtenido de <https://wikifarmer.com/es/cosecha-de-arroz-rendimiento-por-hectarea-y-almacenamiento/>*

# Anexos

## Anexo 1 Ranking empresas actividades de fumigación de cultivos, incluida la fumigación aérea; tratamiento de cultivos, control de plagas en relación con la agricultura al 2019.

ACTUALIZADO A:		4/25/20 1:48 AM																			
FECHA DE GENERACIÓN DEL REPORTE:		4/25/20 8:52 PM																			
POSICIONADO POR:		ACTIVO																			
CLASIFICADO POR:		SECTOR																			
No.	POSICIÓN			INFORMACIÓN DE LA COMPAÑÍA										ACTIVO		PATRIMONIO		INGRESOS POR VENTA		UTILIDAD	
	2018	2017		PR	EXPEDIENTE	NOMBRE	TIPO COMPAÑÍA	ACTIVIDAD ECONÓMICA	REGIÓN	PROVINCIA	CIUDAD	TAMAÑO	SECTOR	CANT. EMPLEADOS	2018	2019	2018	2019	2018	2019	
1	912	884	78		20772	AEROVIC C. L.	RESPONSABILIDAD LIMITADA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	QUAYAS	QUAYAQUIL	GRANDE	SOCIETARIO	190 00	20 476 785 20	2 306 116 14	20 129 606 39	1 005 349 66			
2	1004	973	91		4420	LÍNEAS AERÉAS NACIONALES	ANÓNIMA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	QUAYAS	QUAYAQUIL	GRANDE	SOCIETARIO	91 00	18 509 320 20	1 274 471 62	11 163 627 25	5 031 191 38			
3	1116	1115	109		38359	FUMIGADORA PALACIOS MARQUEZ	ANÓNIMA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	EL ORO	EL GUABO	GRANDE	SOCIETARIO	105 00	16 591 061 40	10 281 116 30	14 080 241 23	934 172 83			
4	2176	2032	255		60111	AERODRIFAC S.A.	ANÓNIMA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	QUAYAS	QUAYAQUIL	MEDIANA	SOCIETARIO	53 00	8 955 744 10	2 330 941 75	3 046 727 02	624 045 29			
5	2786	3484	355		19545	APACSA AGRONÓMICAS DEL PACÍFICO	ANÓNIMA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	EL ORO	MACHALA	GRANDE	SOCIETARIO	40 00	6 145 638 94	1 303 718 07	2 070 415 00	-27 094 52			
6	4012	66335	862		716659	FUMIGACIÓN AEREA AGRICOLA ENAFE TERNOCZA & SALDAS S.A.	ANÓNIMA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	LOS RÍOS	SAN JACINTO DE BUENA FE	MICROEMPRESA	SOCIETARIO	19 00	3 918 638 71	378 024 60	6 000 00	-42 228 66			
7	4979	3765	573		115785	ECUAGAS S.A.	ANÓNIMA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	QUAYAS	QUAYAQUIL	PEQUEÑA	SOCIETARIO	1 00	3 825 103 14	247 169 87	875 571 37	62 253 32			
8	4413	3932	620		107448	FUMICAR S.A.	ANÓNIMA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	QUAYAS	QUAYAQUIL	MEDIANA	SOCIETARIO	10 00	3 485 531 19	2 977 676 43	2 899 695 74	-313 750 82			
9	4454	4299	634		85358	AERODRIF S.A.	ANÓNIMA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	QUAYAS	QUAYAQUIL	PEQUEÑA	SOCIETARIO	11 00	3 388 098 75	216 423 49	589 852 80	-115 969 85			
10	4775	8175	673		711162	BANASPRAY S.A.	ANÓNIMA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	QUAYAS	SAMBOROMÓN	GRANDE	SOCIETARIO	11 00	3 126 222 27	217 120 79	1 129 832 88	53 818 12			
11	6501	5440	902		24474	AVIMAO S.LTD.A	RESPONSABILIDAD LIMITADA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	EL ORO	MACHALA	GRANDE	SOCIETARIO	13 00	2 635 624 19	147 918 56	640 133 96	-21 961 91			
12	6226	7969	1128		305501	HELICÓPTEROS VALDEZ & CARVALLO AERÓVPS CIA.LTDA.	RESPONSABILIDAD LIMITADA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	EL ORO	MACHALA	GRANDE	SOCIETARIO	14 00	1 428 987 22	25 028 02	1 122 537 32	3 266 51			
13	10229	10038	1375		21453	L.AERÓVPS AERÉAS COMPAÑIA LIMITADA	RESPONSABILIDAD LIMITADA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	QUAYAS	QUAYAQUIL	PEQUEÑA	SOCIETARIO	10 00	1 910 166 47	173 135 74	726 311 48	22 844 01			
14	11045	10870	1479		86135	AERÓVPS ORIENTALES AERORENT CIA. LTDA.	RESPONSABILIDAD LIMITADA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	EL ORO	MACHALA	PEQUEÑA	SOCIETARIO	17 00	891 502 96	64 212 96	760 976 01	-149 304 46			
15	12005	12123	1580		19394	FUMIGACIONES AERÉAS PEREZ	ANÓNIMA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	QUAYAS	QUAYAQUIL	PEQUEÑA	SOCIETARIO	11 00	762 688 18	45 889 73	830 914 99	32 883 81			
16	13099	14536	1709		179401	AEROPUMS ECUADOR	ANÓNIMA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	QUAYAS	QUAYAQUIL	PEQUEÑA	SOCIETARIO	4 00	643 341 08	98 025 57	279 432 93	-180 765 11			
17	14084	16802	1796		27610	RZOBACTER ECUATORIANA C. LTDA.	RESPONSABILIDAD LIMITADA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	QUAYAS	QUAYAQUIL	GRANDE	SOCIETARIO	13 00	547 503 02	244 449 98	1 156 659 58	104 832 57			
18	14143	13800	1799		175512	TERRAFECTUS CIA. LTDA.	RESPONSABILIDAD LIMITADA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	QUAYAS	QUAYAQUIL	PEQUEÑA	SOCIETARIO	17 00	545 404 88	537 583 99	376 637 03	38 580 98			
19	14119	12762	1801		97862	COMPAÑIA FUMIGO S.A.	ANÓNIMA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	EL ORO	MACHALA	PEQUEÑA	SOCIETARIO	11 00	543 535 98	288 465 45	524 687 38	19 880 13			
20	14476	19185	1839		145382	FUGRAN S.A.	ANÓNIMA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	QUAYAS	SAMBOROMÓN	GRANDE	SOCIETARIO	36 00	565 675 30	208 213 57	979 688 44	60 579 66			
21	15118	22349	2187		87448	LÍNEA AEREA Y SERVICIOS S.A.	ANÓNIMA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	QUAYAS	QUAYAQUIL	PEQUEÑA	SOCIETARIO	4 00	352 830 42	198 394 59	322 473 39	38 735 31			
22	19069	16941	2257		95728	AERÓ FUMIGACIÓN AGRICOLA EMERALDAS S.A. A.FAGRES	ANÓNIMA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	ESMERALDAS	ROSA ZARATE	PEQUEÑA	SOCIETARIO	10 00	340 524 63	51 341 42	671 981 28	-46 111 58			
23	19116	18387	2282		104317	AEROTRINFORMACIONES EL TRINIFO AEROTRINIFO CIA. LTDA.	RESPONSABILIDAD LIMITADA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	QUAYAS	EL TRINIFO	PEQUEÑA	SOCIETARIO	4 00	347 800 62	152 629 76	931 611 57	84 483 41			
24	19376	89165	2275		706679	R.L.AERÓVPS AERÓVPS AHMEDMARGALOCIA LTDA.	RESPONSABILIDAD LIMITADA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	SERRA	PICHINCHA	QUITO	PEQUEÑA	SOCIETARIO	4 00	340 186 34	-3 078 67	168 524 00	-3 145 43			
25	21684	71061	2454		308934	GREEN CONTROL FOM CIA.LTDA.	RESPONSABILIDAD LIMITADA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	SERRA	PICHINCHA	QUITO	PEQUEÑA	SOCIETARIO	4 00	271 201 00	73 612 45	142 200 00	72 512 45			
26	22144	24912	2488		175198	RENOVACIONES AGRICOLAS S.A.	ANÓNIMA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	QUAYAS	DAULE	PEQUEÑA	SOCIETARIO	4 00	289 413 22	221 476 80	901 300 66	116 671 23			
27	22887	21472	2542		119900	AGROPERFECT S.A.	ANÓNIMA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	QUAYAS	QUAYAQUIL	PEQUEÑA	SOCIETARIO	11 00	247 077 30	217 763 82	183 050 97	-5 134 96			
28	23518	19638	2597		306874	MARIBRAGRO DISTRIBUCIONES	ANÓNIMA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	MANABI	PORTOVELO	PEQUEÑA	SOCIETARIO	4 00	226 340 01	36 967 59	357 080 39	4 966 70			
29	23605	41885	2607		305793	COMERCIALIZADORA AGRICOLA FUGRAN S.A.	ANÓNIMA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	LOS RÍOS	BABAHUAYO	PEQUEÑA	SOCIETARIO	11 00	224 224 85	99 808 18	439 531 41	2 330 43			
30	25160	-	2795		716894	RODOLFO ECUADOR RODRIGUES CIA.LTDA.	RESPONSABILIDAD LIMITADA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	MANABI	MANTA	PEQUEÑA	SOCIETARIO	12 00	197 890 86	9 163 08	1 628 625	-5 688 17			
31	26534	36161	2790		180404	FUMIGONDO S.A.	ANÓNIMA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	LOS RÍOS	QUEVEDO	PEQUEÑA	SOCIETARIO	22 00	166 444 55	96 291 06	166 899 06	6 791 91			
32	26905	26985	2895		395255	CHAVEZ & BELTRAN CHABEAGRO	ANÓNIMA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	QUAYAS	QUAYAQUIL	GRANDE	SOCIETARIO	4 00	162 043 46	28 613 85	1 526 822 99	13 077 28			
33	28253	25781	2884		121112	JAGOMEX S.A.	ANÓNIMA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	QUAYAS	QUAYAQUIL	PEQUEÑA	SOCIETARIO	9 00	139 961 81	44 837 54	380 380 80	6 048 68			
34	28639	30044	2968		145825	GREEN ROACH SANITAMIENTO AMBIENTAL Y LIMPIEZA CIA. LTDA.	RESPONSABILIDAD LIMITADA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	SERRA	PICHINCHA	QUITO	PEQUEÑA	SOCIETARIO	40 00	138 088 27	100 512 73	141 537 18	0 00			
35	29953	34327	2927		794829	AGRICULTURA TOTAL OMNIGR S.A.	ANÓNIMA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	EL ORO	PASAJE	PEQUEÑA	SOCIETARIO	4 00	129 889 20	13 024 00	491 384 43	3 670 79			
36	31887	30218	3871		391971	VERIFICADORA AMERICANA CONTROL	ANÓNIMA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	QUAYAS	QUAYAQUIL	PEQUEÑA	SOCIETARIO	3 00	98 795 80	19 834 54	437 194 58	-16 897 69			
37	31974	31445	3074		83972	BIOSISTEMA DEL ECUADOR	ANÓNIMA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	QUAYAS	QUAYAQUIL	PEQUEÑA	SOCIETARIO	12 00	97 173 17	38 027 18	240 763 49	165 24			
38	32617	33201	3111		198164	LEWACORP S.A.	ANÓNIMA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	QUAYAS	QUAYAQUIL	MICROEMPRESA	SOCIETARIO	4 00	91 223 48	77 995 08	7 180 00	125 57			
39	33883	32689	3174		384315	BOTERRE S.A.	ANÓNIMA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	SERRA	QUAYAS	QUAYAQUIL	PEQUEÑA	SOCIETARIO	8 00	86 526 07	28 893 58	283 438 47	2 814 84			
40	33895	38669	3175		4792	FUMIGADAZA SA	ANÓNIMA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	QUAYAS	QUAYAQUIL	PEQUEÑA	SOCIETARIO	4 00	86 510 45	64 917 20	135 010 78	24 838 11			
41	35268	36986	3239		182468	FLADILEY S.A.	ANÓNIMA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	SERRA	PICHINCHA	QUITO	PEQUEÑA	SOCIETARIO	13 00	86 598 19	29 862 63	244 100 31	2 348 18			
42	36273	32224	3277		307577	SERVIFUMIGRO AGRICOLA Y SERVICIOS DE FUMIGACION PAZ	ANÓNIMA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	SERRA	PICHINCHA	QUITO	MICROEMPRESA	SOCIETARIO	6 00	82 357 91	2 805 04	63 031 84	4 621 73			
43	37340	36048	3326		164854	FUMICAVEC CIA. LTDA.	RESPONSABILIDAD LIMITADA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	QUAYAS	QUAYAQUIL	PEQUEÑA	SOCIETARIO	9 00	85 539 63	31 676 96	136 231 08	11 308 81			
44	38116	-	3359		716046	AGROPECUARIA MULTIGRANDE Y FUMIGACION AGRICOLA Y SERVICIOS COMPAÑIA DE RESPONSABILIDAD LIMITADA	RESPONSABILIDAD LIMITADA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	SERRA	CARCHI	SAN GABRIEL	PEQUEÑA	SOCIETARIO	4 00	85 888 70	5 196 88	418 122 29	3 978 96			
45	38202	35885	3370		714171	FUMIGACION AGRICOLA Y SERVICIOS COMPAÑIA DE RESPONSABILIDAD LIMITADA	RESPONSABILIDAD LIMITADA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	QUAYAS	ELDY ALFARO (DURAN)	MICROEMPRESA	SOCIETARIO	2 00	86 476 27	-136 346 79	74 648 05	-110 089 14			
46	38956	41677	3385		181178	BRI-QUALITY S.A.	ANÓNIMA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	SERRA	PICHINCHA	QUITO	PEQUEÑA	SOCIETARIO	6 00	46 741 75	9 399 79	114 203 57	8 787 57			
47	40278	45641	3442		708832	AERODRIFAGREY S.A.	ANÓNIMA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	QUAYAS	MILAGRO	PEQUEÑA	SOCIETARIO	4 00	46 377 44	16 836 71	169 775 57	12 672 37			
48	42169	48634	3591		30129	AGROPORRY S.A.	ANÓNIMA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	QUAYAS	QUAYAQUIL	MICROEMPRESA	SOCIETARIO	8 00	32 183 42	15 428 44	82 612 75	5 584 35			
49	46102	43152	3655		189869	FUMIGADORA DEL CAMPO FUMICAMPO S.A.	ANÓNIMA	AD191 02 - ACTIVIDADES DE FUMIGACIÓN DE CULTIVO	COSTA	EL ORO	MACHALA	MICROEMPRESA									

## Anexo 2 Superficie, según producción y ventas por cultivos transitorios (2019)

CADA HECHO DE TU VIDA Cuenta



**TABLA 6.**  
**SUPERFICIE, SEGÚN PRODUCCIÓN Y VENTAS**  
**POR CULTIVOS TRANSITORIOS**  
**(Hectáreas, Toneladas Métricas)**

CULTIVOS TRANSITORIOS		SUPERFICIE (Has.)		PRODUCCIÓN (Tm.)	VENTAS (Tm.)
		Plantada	Cosechada		
TOTAL NACIONAL	Solo	806.479	777.654		
	Asociado	42.876	41.327		
ARROZ (EN CÁSCARA)	Solo	261.501	257.004	1.098.383	1.053.565
	Asociado	269	269	1.303	1.297
ARVEJA SECA (GRANO SECO)	Solo	678	610	370	174
	Asociado	127	127	45	23
ARVEJA TIERNA (EN VAINA)	Solo	3.524	3.333	11.029	10.545
	Asociado	346	346	273	191
BROCOLI (REPOLLO)	Solo	9.663	9.658	167.593	161.916
	Asociado	261	261	2.132	2.132
CEBADA (GRANO SECO)	Solo	9.715	9.198	13.450	11.303
	Asociado				
CEBOLLA BLANCA (TALLO FRESCO)	Solo	7.591	7.544	42.455	41.860
	Asociado				
FRÉJOL SECO (GRANO SECO)	Solo	13.446	12.761	8.357	6.896
	Asociado	11.807	11.245	6.387	3.483
FRÉJOL TIERNO (EN VAINA)	Solo	4.053	3.606	8.568	7.768
	Asociado	3.511	3.412	4.180	3.077
HABA SECA (GRANO SECO)	Solo	943	912	967	687
	Asociado	1.527	1.512	694	112
HABA TIERNA (EN VAINA)	Solo	6.593	6.278	22.736	21.484
	Asociado	809	751	687	293
MAÍZ DURO CHOCLO (EN CHOCLO)	Solo	2.776	2.638	12.842	11.996
	Asociado	97	96	308	211
MAÍZ DURO SECO (GRANO SECO)	Solo	327.430	315.656	1.454.284	1.408.410
	Asociado	7.336	7.191	25.486	19.519
MAÍZ SUAVE CHOCLO (EN CHOCLO)	Solo	17.391	16.697	71.043	64.321
	Asociado	1.843	1.742	3.281	1.623
MAÍZ SUAVE SECO (GRANO SECO)	Solo	38.462	35.266	51.863	39.273
	Asociado	9.924	9.553	9.412	2.961
MANÍ (GRANO DESCASCARADO)	Solo	6.567	6.316	4.950	4.346
	Asociado	1.555	1.505	443	251
PAPA (TUBÉRCULO FRESCO)	Solo	19.968	19.086	273.717	252.477
	Asociado	658	589	1.629	1.229
QUINUA (GRANO SECO)	Solo	2.957	2.559	4.505	2.603
	Asociado				
SOYA (GRANO SECO)	Solo	27.960	27.020	39.515	38.974
	Asociado				
TABACO (HOJA SECA)	Solo	3.650	3.650	4.603	4.328
	Asociado				
TOMATE RIÑÓN (FRUTA FRESCA)	Solo	1.381	1.330	30.865	30.679
	Asociado	71	71	726	726
TRIGO (GRANO SECO)	Solo	3.138	3.085	5.073	3.492
	Asociado				
YUCA (RAÍZ FRESCA)	Solo	14.041	12.846	67.417	49.941
	Asociado	782	755	2.446	1.625
OTROS TRANSITORIOS	Solo	23.051	20.601		
	Asociado	1.952	1.902		

ÍNDICE

FUENTE: ESPAC - 2019