

**DISEÑO DE UN MODELO PREDICTIVO PARA LA OFERTA DE LOS
PRODUCTOS AGRÍCOLAS DEL MUNICIPIO DE SIMIJACA CUNDINAMARCA**

JOSÉ JERÓNIMO CASTILLO GIL

**UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTÁ
2020**

**DISEÑO DE UN MODELO PREDICTIVO PARA LA OFERTA DE LOS
PRODUCTOS AGRÍCOLAS DEL MUNICIPIO DE SIMIJACA CUNDINAMARCA**

JOSÉ JERÓNIMO CASTILLO GIL

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR AL
TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL**

**ASESOR
OSCAR MAURICIO GELVES ALARCÓN**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTÁ
2020**

CONTENIDO

	pág.
1	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA..... 13
2	JUSTIFICACIÓN 15
3	OBJETIVOS 16
3.1	Objetivo general..... 16
3.2	Objetivos específicos 16
4	ALCANCE Y LIMITACIONES..... 17
5	MARCO REFERENCIAL 18
5.1	MARCO CONCEPTUAL 18
5.1.1	Agricultura 18
5.1.2	Pronostico 18
5.1.3	Modelos..... 18
5.1.4	Oferta y demanda..... 18
5.1.5	Pronóstico de la demanda..... 19
5.1.6	Cultivos Transitorios..... 19
5.1.7	Cultivos Anuales..... 19
5.1.8	Área Sembrada 19
5.1.9	Producción 20
5.1.10	Rendimiento..... 20
5.1.11	Descripción del municipio de estudio 20
5.2	MARCO TEÓRICO 22
5.2.1	Pronósticos de producción 22
5.3	MARCO LEGAL..... 25
5.3.1	Ley 1776 del 29 de enero de 2016..... 25
5.3.2	Ley 1876 del 29 de diciembre de 2017 26
5.3.3	Ley 1731 del 31 de julio de 2014 26
5.3.4	Decreto 1071 de 2015..... 26
5.4	ESTADO DEL ARTE..... 26
6	MARCO METODOLÓGICO 28
6.1	Tipo de investigación 28
6.2	HIPÓTESIS..... 28
6.3	Diseño de la investigación 28
6.4	Estrategias metodológicas..... 28
6.4.1	Población 29
7	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS ALCANZADOS..... 30

7.1	IDENTIFICACIÓN DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS SEMBRADOS EN EL MUNICIPIO DE SIMIJACA Y SUS VARIABLES.....	30
7.1.1	Arveja.....	30
7.1.2	Cebolla de bulbo.....	35
7.1.3	Frijol.....	40
7.1.4	Maíz.....	45
7.1.5	Papa.....	49
7.1.6	Zanahoria.....	54
7.2	ANÁLISIS DE VARIABLES IDENTIFICAS.....	58
7.2.1	Variables de rendimiento.....	58
7.2.2	Variables de calidad y costos.....	59
7.3	EVALUACIÓN DE MODELOS.....	59
7.3.1	Promedio móvil simple.....	59
7.3.2	Suavización exponencial.....	60
7.3.3	Método de Holt.....	61
7.3.4	Método de Winter.....	62
7.3.5	Factores estacionales.....	63
7.3.6	Regresión lineal.....	63
7.3.7	Regresión lineal múltiple.....	64
7.4	PROPUESTA DE MODELO.....	68
7.4.1	Modelo para el frijol, maíz y papa.....	69
7.4.2	Modelo para la cebolla zanahoria y arveja.....	69
7.4.3	Reconocimiento del entorno.....	70
7.4.4	Análisis de supuestos.....	71
8	CONCLUSIONES.....	74
9	RECOMENDACIONES.....	75
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Análisis estadístico de Arveja	34
Tabla 2 Análisis estadístico de Cebolla	40
Tabla 3 Análisis estadístico de Frijol.....	44
Tabla 4 Análisis estadístico de Maíz.....	48
Tabla 5 Análisis estadístico de Papa	53
Tabla 6 Análisis estadístico de Zanahoria	57
Tabla 7 Impacto de variables sobre el rendimiento de cada producto	58
Tabla 8 Consolidado de indicadores de pronóstico	61
Tabla 9 Coeficientes de determinación de regresión lineal múltiple	65
Tabla 10 Cuadro Comparativo	67
Tabla 11 Segmentación de productos según método de pronóstico	68
Tabla 12 Ecuaciones de pronóstico	69
Tabla 13 Resumen Escenario 1	72
Tabla 14 Resumen Escenario 2.....	72
Tabla 15 Resumen Escenario 3.....	72
Tabla 16 Resumen Escenario 4.....	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Patrones de series de tiempo	24
Figura 2 Arveja.....	30
Figura 3 Pruebas de bondad y ajuste	34
Figura 4 Cebolla de bulbo	35
Figura 5 Pruebas de bondad y ajuste	39
Figura 6 Frijol	41
Figura 7 Pruebas de bondad y ajuste	43
Figura 8 Maíz	45
Figura 9 Pruebas de bondad y ajuste	48
Figura 10 Papa	49
Figura 11 Pruebas de bondad y ajuste	53
Figura 12 Zanahoria.....	54
Figura 13 Pruebas de bondad y ajuste	56
Figura 14 Diagrama de análisis de variables cualitativas	71

LISTA DE GRAFICAS

Gráfico 1 Producción de arveja por semestre de cada año	31
Gráfico 2 Área sembrada de arveja vs Área cosechada de arveja	32
Gráfico 3 Histórico de precios de arveja	33
Gráfico 4 Distribución aproximada de producción de arveja.....	34
Gráfico 5 Pareto de producción de cebolla de bulbo en Colombia	36
Gráfico 6 Producción de cebolla por semestre vs. Rendimiento por hectárea.....	37
Gráfico 7 Área sembrada vs Área cosechada	37
Gráfico 8 Histórico de precios de la cebolla.....	38
Gráfico 9 Distribución aproximada de producción de la Cebolla.....	39
Gráfico 10 Producción de frijol por año.....	42
Gráfico 11 Área sembrada vs Área cosechada	42
Gráfico 12 Histórico de precios de frijol	42
Gráfico 13 Distribución aproximada de producción del frijol	43
Gráfico 14 Producción de maíz por año.....	46
Gráfico 15 Área sembrada vs Área cosechada	46
Gráfico 16 Histórico de precios de Maíz	47
Gráfico 17 Distribución aproximada de producción del maíz.....	47
Gráfico 18 Producción de papa por año	50
Gráfico 19 Área sembrada vs Área cosechada	51
Gráfico 20 Rendimiento t/ha	51
Gráfico 21 Distribución aproximada de la papa	52
Gráfico 22 Producción de zanahoria por año.....	54
Gráfico 23 Área sembrada vs Área cosechada	55
Gráfico 24 Rendimiento t/ha	56
Gráfico 25 Distribución aproximada	56
Gráfico 26 Pronóstico de maíz con promedio móvil.....	60
Gráfico 27 Pronostico de arveja con suavizamiento exponencial	61
Gráfico 28 Autocorrelación parcial del frijol.....	62
Gráfico 29 Pronostico de maíz con factores estacionales	63
Gráfico 30 Pronostico de maíz con regresión lineal.....	64
Gráfico 31 Pronostico de papa con regresión lineal múltiple	65
Gráfico 32 Comparación de pronóstico de la papa. Promedio móvil vs Reg Lin Mul	68

LISTA DE ANEXOS

Anexo A Base de datos EVA 2007-2019

Anexo B Base de datos del histórico de precios de productos agrícolas en las principales centrales de acopio del país

Anexo C Evaluación de pronósticos

Anexo D Análisis estadístico y regresiones lineales múltiples SPSS

Anexo E Regresiones lineales de escenarios

Anexo F Histórico de precipitaciones

RESUMEN

El proyecto tiene como finalidad diseñar un modelo predictivo de la oferta de los principales productos agrícolas cultivados en el municipio de Simijaca, que permitan a los agricultores de la zona tomar mejores decisiones con base en los pronósticos proyectados en un periodo determinado, de esta manera reducir el riesgo y la incertidumbre de las inversiones.

Para alcanzar el objetivo propuesto, inicialmente se realiza un reconocimiento de los principales productos agrícolas que se cultivan en el municipio mediante la revisión historia de producción y evaluación 80-20, para después determinar las distintas variables que inciden en todo el proceso productivo de cada uno de los productos a partir del análisis de los boletines informáticos agropecuarios publicados por el DANE de los últimos diez años. Seguidamente se evaluaron los distintos modelos de pronóstico estudiados en el marco teórico con los datos históricos de oferta de maíz, papa, frijol, arveja, cebolla de bulbo y zanahoria.

Con los resultados encontrados se determinó que se puede hacer una aproximación a la predicción de oferta de los productos agrícolas mediante dos modelos, el primero constituye una regresión lineal múltiple el cual agrupa la mitad de los productos y los restantes con el método de promedio móvil. Las predicciones arrojadas por estos modelos permiten concluir que se puede modelar la oferta con estas técnicas a pesar de que los indicadores no sean los más aceptables.

Palabras clave: predicción, agricultura, pronostico, modelos.

ABSTRACT

The project aims to design a predictive model of the supply of the main agricultural products grown in the municipality of Simijaca, allowing farmers in the area to make better decisions based on projections projected in a given period, thus reducing the risk and uncertainty of investments.

In order to achieve the proposed objective, an initial recognition of the main agricultural products grown in the municipality is carried out by reviewing the production history and evaluating 80-20, and then determining the different variables that affect the entire production process of each of products from the analysis of the agricultural computer bulletins published by DANE in the last ten years. Subsequently, the different forecast models studied in the theoretical framework were evaluated with historical data on the supply of corn, potatoes, beans, peas, bulb onions and carrots.

With the results found, it was determined that an approximation to the prediction of supply of agricultural products can be made using two models, the first constitutes a multiple linear regression which groups half of the products and the rest with the moving average method. The predictions produced by these models allow us to conclude that supply can be modeled with these techniques despite the fact that the indicators are not the most acceptable.

Keywords: prediction, agriculture, forecast, models.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Mejoramiento de procesos.

INTRODUCCIÓN

Pronosticar es el proceso de determinar los escenarios más probables en el futuro, es decir una cadena de acciones para predecir acontecimientos venideros con la finalidad de hacer una planificación en base de los supuestos encontrados (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008). Estos procesos de predicción son muy utilizados en distintas ramas del conocimiento y en la práctica por empresas para proyectar la producción de artículos o servicios, reduciendo así la incertidumbre de la toma de decisiones.

Es precisamente las predicciones la herramienta a utilizar para solucionar una de las problemáticas que tienen los agricultores del municipio de Simijaca, los cuales son la población de estudio. Estos apuros radican en la baja competitividad de producción de la región en comparación con los mercados nacionales lo que conlleva a pérdidas económicas, esto hace plantear la idea de mejorar la competitividad y minimizar las mermas de costos mediante una propuesta de un modelo predictivo de la oferta para los productos agrícolas del municipio, con lo cual disminuya la incertidumbre de los granjeros a la hora de tomar decisiones que tienen que ver con la producción agrícola.

La investigación que enmarca la búsqueda de una solución a las problemáticas descritas y objetivos propuestos se desarrolla a partir de la sección 5, marco referencia, donde se desarrolla una búsqueda bibliográfica de herramientas útiles para el proyecto. A continuación, la sección 6, donde se define los métodos a utilizar, en el apartado 7 se presentan los resultados que constan de la identificación de productos y variables concernientes al problema y evaluación de modelos. Para finalmente establecer una propuesta que responde a la problemática y objetivo general.

1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La población del municipio de Simijaca está calculada aproximadamente en 12847 habitantes y un total de 3914 hogares (DANE, 2019), de los cuales el 15% de las personas tienen trabajo formal. El restante de la población tiene una alta tasa de pobreza multidimensional y monetaria debido a las precarias condiciones de empleo. (DANE, 2020).

Por otro lado, la economía del municipio es principalmente agroindustrial, las empresas que desarrollan sus actividades son de tipo lácteo como Alpina, Santo Domingo, Lechesan y otras pymes del sector lechero. Hay una industria de flores, enlatados y de textil, los cuales generan menos del 20% de trabajo formal (Municipal, 2018b).

La ganadería y agricultura generan el mayor número de empleos en modalidad informal ya que no existen organizaciones que produzcan el agro en forma tecnificada y que estén formalizadas como empresas o gremios, a excepción de algunas fincas que tienen infraestructura y hatos lecheros tecnificados, sin embargo las condiciones para sus trabajadores no cumplen los requisitos establecidos por la ley. El ganado ocupa el 57% del suelo fértil, pero es la agricultura quien genera aproximadamente 6800 empleos con tan solo el 26% de uso del suelo. Los principales productos cultivados son; maíz, papa, frijol, arveja, zanahoria, y cebolla, los cuales son cosechados de manera artesanal y esporádica (Municipal, 2018a).

El principal producto sembrado en el área rural y urbana del municipio es el maíz en términos de uso de suelo con 1385 ha equivalente al 59% de la tierra disponible para el agro, y se produce en mixto con el frijol. Su rendimiento fue del 2,5 ton/ha para el 2018 el cual es muy bajo en comparación con otros países subdesarrollados y el promedio nacional donde la tasa es de 5 ton/ha (Ministerio de agricultura y desarrollo rural, 2011). El segundo producto más cultivado es la papa con 390 ha, es decir el 17% y el restante de terreno es utilizado en horticultura.

En cuanto a los costos de producción, el maíz es cosechado con un valor de \$3.218.628/ha (Agronet, 2018) mientras que los costos de otras zonas del país son inferiores a los tres millones. Uno de los factores del alza de esta cifra es el bajo acceso a tecnología pues tan solo el 16% de los agricultores hacen uso de maquinaria y equipos sofisticados (DANE, 2015). Las utilidades son muy variables, desde precios de venta por tonelada de \$1.000.000 generando pérdidas hasta 3.000.0000 dejando algunas ganancias para los productores, pero con altos índices de incertidumbre en los montos de venta y por lo general no se recupera la inversión. Todo esto a pesar de la alta demanda por el cereal a nivel nacional, pues se requiere 4.2 millones de toneladas anuales de maíz y solo se produce 617 mil toneladas (SIC, 2010), pero con capacidad para abastecer al país del grano, según (FAO,

2018) Colombia es el 7mo país con potencial para aumentar su producción y exportar a otros.

Las fluctuaciones mencionadas de precios derivan de varios factores que no se tienen caracterizados ni mucho menos planificados, por ejemplo, importaciones por 3.5 millones de toneladas, el clima, calendarios de producción y otros que no se han identificado.

Todo esto representa una problemática económica y social para la población simijense, ya que la producción regional no es competitiva en el mercado nacional y por ende se tienen pérdidas económicas. Esto radica en la baja producción de los cultivos lo que lleva a pocos ingresos por la venta de la cosecha, entonces es lógico preguntarse: ¿por qué el rendimiento de tonelada por hectárea de los productos agrícolas del municipio de Simijaca es bajo en comparación con la media del país?

2 JUSTIFICACIÓN

Teniendo en cuenta las principales problemáticas expuestas como, por ejemplo: que los agricultores del municipio de Simijaca Cundinamarca tienen pérdidas en la mayoría de los cultivos en los que invierten, porque sus cosechas no son rentables ya sea por precio de venta o por rendimiento de producción. Lo que desencadena un desequilibrio en la económica de los habitantes del poblado, además el poco apoyo de las entidades territoriales del gobierno para mejorar las oportunidades en la agricultura (Efrain Guerrero Sanchez, Angel Andres Rojas Peña, María Yolanda Torres, & Nubia Alexandra Bourdon Rojas, 2014), y el poco conocimiento de la oferta del mercado local de los productos agrícolas, se hace necesario este estudio. En primera medida para tener una base teórica acerca del comportamiento de la oferta de producción, sus variables que intervienen en el agro del municipio y la dinámica de su economía. En segundo lugar, para concluir cuales deben ser los métodos que se deben implementar para mejorar el rendimiento de producción en los cultivos, y por último dejar una herramienta de pronóstico para que los agricultores tomen una mejor decisión a la hora de invertir en un cultivo.

Esto permite beneficiar no solo a los agricultores al mejorar el rendimiento de producción tonelada/hectárea y las oportunidades de rentabilidad en la venta de sus productos al disminuir la incertidumbre, sino que también se favorecen los 3 mil hogares que dependen de esta actividad económica al generar empleo con mejores condiciones y se disminuyen los índices de pobreza. Además, de empezar el camino hacia la industrialización del sector agropecuario en el municipio con tecnología ambientalmente sostenible, conocimiento y la formalización de empresas.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar una propuesta de un modelo para el pronóstico de la oferta de los productos agrícolas del municipio de Simijaca Colombia.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Reconocer las variables que inciden en el comportamiento de la oferta de los productos agrícola del municipio de Simijaca
- Evaluar los modelos existentes de pronóstico de producción agrícola que caracterizan la oferta de los productos del municipio.
- Diseñar el modelo predictivo que se ajusta a la oferta de productos agrícolas del municipio de Simijaca.

4 ALCANCE Y LIMITACIONES

El proyecto comprende la identificación y el análisis de los principales productos agrícolas cosechados en el municipio de Simijaca, así, como las variables que están inmersas en todo el ciclo productivo, su descripción y comportamiento frente a la producción y oferta. Para hacer una propuesta de un modelo predictivo de oferta, exclusivo para los distintos productos agrícolas del municipio.

Lo anterior a partir de la evaluación de los diferentes métodos de pronóstico, no obstante, el desarrollo de la investigación y la recolección de información depende de las directrices que establezca el gobierno nacional en el marco de la contingencia por la pandemia del covid 19 y las normas emitidas por la alcaldía municipal, lo cual limita significativamente el desarrollo del proyecto teniendo en cuenta que este tuvo lugar en el primer semestre de 2020, donde se presentó la mayor coyuntura de emergencia sanitaria en el país y colapso en los servicios de entidades públicas como DANE, Agronet, alcaldía municipal y otros.

5 MARCO REFERENCIAL

5.1 MARCO CONCEPTUAL

5.1.1 Agricultura

La agricultura enmarca una serie de actividades y conocimientos para la producción de alimentos, estos serán transformados con herramientas y tareas, además de ser tratadas en el suelo o con uso de tierras (Condiza, 1998). En Colombia hay más de mil productos agrícolas de diferentes tipos gracias a su diversidad de clima y zonas topográficas, por ejemplo, en zonas cálidas se produce plátano, tabaco, caña de azúcar entre otros, también frutos como mango, naranja, etc. En lugares fríos se da la papa, el trigo y cebada. No obstante, los principales productos agrícolas para Colombia son el café, plátano, cacao, aguacate y caña de azúcar (Banco de la república, 2012), principalmente por las grandes oportunidades que hay para agregar valor a esto productos.

5.1.2 Pronostico

“Se usa el término pronosticar para hacer referencia a un método específico, en lugar de la simple adivinanza, para predecir eventos futuros” (Sipper & Bulfin, 1998) con el fin de proporcionar datos de predicción lo más cercanos a la realidad, es decir, que la oferta de cierto producto cubra la demanda de tal manera que la población quede satisfecha y no se incurra en gastos de sobreproducción y mantenimiento de inventario. Un pronóstico contribuirá a la optimización de gastos y la planeación tanto de insumos y materias primas como de recursos humanos y maquinaria.

5.1.3 Modelos

“Las operaciones, procesos o servicios de varias clases que existen en el mundo real (o de forma hipotética) son usualmente llamados sistemas y para estudiarlos de forma científica frecuentemente se hace un conjunto de suposiciones acerca de cómo estos trabajan. Estas suposiciones, que generalmente toman la forma de relaciones matemáticas o lógicas constituyen un modelo que es usado para intentar ganar un entendimiento de cómo se comporta el sistema correspondiente” (Marmolejo, 2009). Por tanto, la modelación de un fenómeno ya sea natural o provocado se representa mediante las relaciones matemáticas de variables, las cuales sustituyen cada componente de la realidad y sirven para estudiar el mundo real en forma abstracta y sacar conclusiones antes de interactuar con los estados de la naturaleza, a fin de disminuir riesgo u obtener ventajas del fenómeno.

5.1.4 Oferta y demanda

La demanda es la conducta descriptiva de los compradores, que tienen ciertas necesidades no satisfechas. Simultáneamente la oferta también es una conducta descriptiva, esta vez de quien ofrece bienes o servicios para satisfacer las necesidades de los compradores y es proporcionada por vendedores que tienen sus propias razones para ser los proveedores. Estos dos actores, oferta y demanda, constituyen la dinámica de una economía y tienen una relación matemática que establece los precios de venta de productos (Hernández, 2014).

5.1.5 Pronóstico de la demanda

La planeación constituye el arte de determinar la cuantía que requiere una población de un producto, y para ello se implementan distintas herramientas de predicción. Con el resultado se toman decisiones de interés para las organizaciones o para el planeador.

Algunos autores reconocen diferentes tipos de pronóstico como, por ejemplo: cualitativos, series de tiempo, causales, por analogía, simulación y combinaciones de los anteriores (Vidal, 2017). Estos métodos serán explicados con mayor detalle en el marco teórico.

5.1.6 Cultivos Transitorios

Productos agrícolas cuyo ciclo vegetativo o de crecimiento es en general no mayor de seis (6) meses. Tienen como característica fundamental que después de la cosecha es necesario sembrarlos de nuevo para que vuelvan a producir. Son ejemplos típicos de ellos, los cereales (maíz, trigo, cebada, arroz, entre otros); algunos tubérculos como la papa, las hortalizas, la soya, el ajonjolí y el algodón, entre otros (Agronet, 2020).

5.1.7 Cultivos Anuales

Aquellos productos que solamente producen una cosecha al año, debido a que su periodo vegetativo es mayor de seis (6) meses. Son típicos de este grupo: la yuca, el ñame, la arracacha y algunos cultivos de clima frío como el frijol y la papa de páramo (Agronet, 2020).

5.1.8 Área Sembrada

Es la superficie en hectáreas destinada para la germinación de un cultivo. Para el cálculo de un cultivo transitorio, se suma el área las veces que este haya sido sembrado durante un semestre. Así, para un cultivo de ciclo vegetativo corto que fue sembrado en un semestre dos veces en un área de 100 (ha), el área sembrada del semestre corresponderá a la sumatoria de las diferentes siembras, es decir, 200 (ha). Para el cálculo del área sembrada de un cultivo transitorio en un año, se suman los resultados de los dos semestres del año.

El área sembrada para un cultivo permanente en un año, será aquella extensión del cultivo existente al final del año de análisis, y su cálculo se realiza sumando el área del cultivo proveniente del año anterior, más el área nueva sembrada, menos el área perdida (por fenómenos naturales), menos el área erradicada (por decisión humana) (Agronet, 2020).

5.1.9 Producción

Corresponde al volumen en toneladas obtenido del área cosechada (Agronet, 2020).

5.1.10 Rendimiento

Es el número de toneladas que se obtienen de una hectárea de cultivo. Se calcula dividiendo la producción en el área cosechada (Agronet, 2020).

5.1.11 Descripción del municipio de estudio

5.1.11.1 Aspectos generales

El municipio de Simijaca está ubicado en la cabecera noroccidente del departamento de Cundinamarca, colindando con el municipio de Chiquinquirá Boyacá. Tiene una altura sobre el nivel de mar aproximada de 2559 metros y su temperatura promedio oscila entre los 14 °C. La extensión geográfica es atravesada en el área rural por el río Simijaca que nace de las montañas en el suroccidente del municipio, y desemboca en el río Suarez. Este último afluente de la laguna de Fúquene, el cual sirve como frontera con el municipio de San Miguel de Sema al oriente. Por el sur limita con los municipios de Susa y Carmen de Carupa, al occidente con Caldas.

Su territorio comprende 107 km² y la cabecera rural tiene una dimensión de 0.8 km², su principal vía de acceso es la carretera nacional Ubaté Chiquinquirá y se encuentra a una distancia de 136 km de Bogotá (Municipal, 2018a).

5.1.11.2 Principales actividades económicas del municipio

La economía del pueblo se basa principalmente en procesos productivos de agricultura, seguido de la ganadería y en menor cuantía industrias lácteas como leche san, california, santo domingo, alpina y tres pasteurizadoras. También hay una empresa de flores de la sabana, una industria textil artesanal y una ladrillera. Además, en la cabecera rural hay 200 establecimientos comerciales.

En cuanto a la agricultura se cultiva una diversidad de productos para la rotación de tierras, en orden de importancia estos son; maíz, frijol, legumbre, y hortalizas.

Para la ganadería, se destina la mayor parte del territorio en el pastoreo de ganado Holstein para la producción y venta de leche, en su mayoría para abastecer la demanda del líquido de las empresas lácteas mencionadas.

Por otro lado, en el municipio hay presencia de tres entidades bancarias; Bancolombia, banco agrario y la cooperativa Crediflores.

En cuanto al turismo, este es pobre, ya que la vía de acceso principal Chiquinquirá Ubaté pasa por la rivera del municipio dejando en el anonimato la cultura simijense a los viajeros. Además, no hay interés de la alcaldía o entidades privadas por promover esta actividad económica, sin embargo, el pueblo tiene los siguientes sitios de interés para los pocos turistas que lo visitan y comunidad aledaña:

- ❖ **Chorro de san Juanito:** Es una cascada ubicada en el sector cristales.
- ❖ **Cueva negra:** Es un accidente geográfico de piedra donde cae un agua formando una quebrada, esta se encuentra entre la vereda aposentos y don Lope.
- ❖ **Laguna encantada:** Es una pequeña laguna donde habitó un grupo indígena del clan Uta perteneciente al pueblo muisca. De esta ciénaga nacieron varias leyendas y mitos que formaron la cultura simijense (Guzmán, 2016).
- ❖ **Otros lugares emblemáticos:** Alto de la cruz, casa de la cultura, cascada de juntas y el cerro de la carguata.

Y anualmente en el mes de agosto se celebra las fiestas patronales del municipio y la fiesta del campesino, con actividades culturales, reinado de la mazorca y juegos autóctonos y verbenas (Municipal, 2018b).

5.1.11.3 Aspectos físicos

El municipio de Simijaca cuenta con dos pisos térmicos, en la parte alta al noroccidente se encuentra la zona de paramo aproximadamente 16 km² equivalentes al 15% de su extensión. La región de piso frío se ubica en la parte inferior al oriente. Las fuentes de agua y sistemas hídricos provienen del río Simijaca, río Suarez y laguna de Fúquene, de donde se abastecen los agricultores de agua para el riego de sus cultivos y para consumo humano.

El medio ambiente tiene problemas de contaminación en el aire, agua, desnutrición del medio, y pérdida de recursos naturales. Estos atribuibles a la invasión de los páramos para la siembra de papa, sobre explotación del suelo, una inadecuada disposición de desechos químicos y fertilizantes, y el uso indiscriminado de las fuentes hídricas (Arias, Bocarejo, & Ibañez, 2011).

5.1.11.4 La agricultura en el municipio de Simijaca

Simijaca se encuentra a una superficie superior a los 2500 metros sobre el nivel del mar, por lo que sus pisos térmicos le permiten cosechar diferentes productos del

agro como, por ejemplo: papa en sus diferentes clases (R12, pastusa, tocarreña, criolla, suprema y única), maíz amarillo tradicional, frijol, arveja, zanahoria, cebolla de bulbo y lechuga.

La rotación de las tierras se da con los productos mencionados, y las tecnologías utilizadas son: tractor, bomba estacionaria, bomba de riego, máquinas de fumigación y lavadoras. En cuanto a las herramientas de trabajo se tiene, el gancho, hoyadora, pala, azadón y cuchillo.

El conocimiento del oficio se transmite de generación en generación y en la práctica diaria. Los recursos utilizados para la producción agrícola son de tipo económico, hídrico, humano y ambiental.

5.2 MARCO TEÓRICO

5.2.1 Pronósticos de producción

“El *forecasting*, como se le conoce en el entorno económico al proceso de pronosticar la demanda, se define como el arte y la ciencia para predecir la demanda futura para un bien, componente o servicio en particular, con base en datos históricos, estimaciones de mercadeo e información promocional, mediante la aplicación de diversas técnicas de previsión” (Lopez, 2018). Esta planeación se hace para estimar la cantidad que se debe producir para reducir costos y obtener mayor rentabilidad, y para lograr esto, existen diferentes métodos de pronóstico de tipo cualitativo y cuantitativo.

(Nahamias, 2017) divide los pronósticos en subjetivos y objetivos los cuales no son exactos y entre mayor sea su horizonte de tiempo menor será su veracidad, además son más que un número y serán de mayor utilidad si se ejecuta con algún agregado.

5.2.1.1 Método subjetivo

Este se basa en las opiniones humanas y para recolectar esos juicios se utiliza diferentes herramientas como encuestas al cliente, datos de fuerza de venta de la empresa, juicios de la junta directiva, entrevistas y el método Delphi. Este último el más relevante para la recolección de información subjetiva de interés para los pronósticos.

5.2.1.2 Método objetivo

Estos métodos se caracterizan por el uso y análisis de datos pasados y que pueden estar relacionados con el tema en cuestión, este a su vez se dividen en:

- **Modelos causales:** Este utiliza datos distintos al fenómeno que se pronostica, es decir, que de alguna manera tiene una relación con la serie estudiada. Matemáticamente se expresa así:

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$$

Donde Y es la función que representa el fenómeno de estudio y X_K con $K \in \mathbb{N}$ son las variables que se cree tienen relación con el problema. También hay modelos causales pero econométricos donde la relación entre Y y X_K es lineal, por tanto, existe un α_k constante que multiplica cada variable, así:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \alpha_3 X_3, \dots, \alpha_n X_n$$

Ecuación 1

y para definir el valor de las constantes α_k , normalmente se utiliza el método de mínimos cuadrados, aunque existen varias formas de encontrar su valor.

- **Regresión lineal:** con este método se busca establecer la relación entre dos variables donde una estará influenciada por la otra, su relación matemática es:

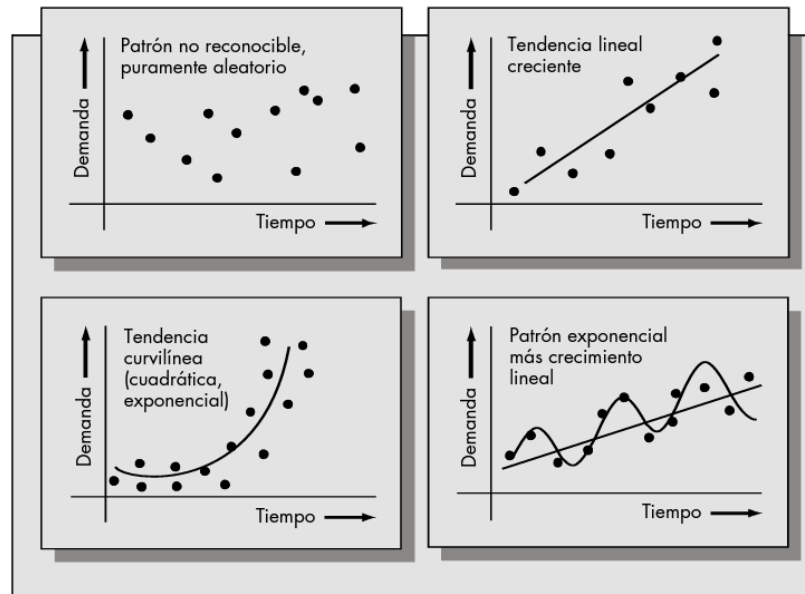
$$Y = a + bX$$

Ecuación 2

nótese que es un caso particular de la Ecuación 1 donde Y es la variable dependiente, X la variable independiente, a y b son constantes que intercepta el eje de las abscisas y la pendiente de la recta respectivamente.

- **Modelos de series de tiempo:** Estos modelos se basan en el tratamiento de datos pasados del fenómeno de estudio o variable a predecir, y se fundamenta en tomar un lapso definido previamente y observar sus puntos discretos en ese intervalo para hacer inferencia y permita pronosticar valores futuros con relación a la serie de tiempo. Los patrones que tienen los datos son: Tendencia, estacionalidad, cíclicos, horizontales y aleatorios. La Figura 1 ilustra su comportamiento (Nahamias, 2017)

Figura 1 Patrones de series de tiempo



Fuente: Análisis de la producción y las operaciones (Nahamias, 2017)

Si los datos presentan al menos dos de los patrones mencionados es viable aplicar alguno de los siguientes métodos:

- Promedio móvil simple: Es el promedio aritmético de N observaciones, esto se representa de la siguiente manera:

$$F_t = \frac{1}{N} (D_{t-1} + D_{t-2} + \dots + D_{t-N})$$

Ecuación 3

Este modelo es ideal cuando su patrón es horizontal y sus variaciones son pequeñas, es decir que los datos no son dispersos con respecto a media. Dependiendo de estas fluctuaciones se puede escoger un valor N pequeño para que se vea afectado el pronóstico por las demandas más recientes o un valor grande en caso contrario (Krajewski et al., 2008)

- Promedio móvil ponderados: En este modelo cada valor tiene una ponderación o influencia sobre el total de las observaciones, esto es, que el pronóstico final se vea afectado por N demandas multiplicados por N constantes.

$$F_{t+1} = \alpha_0 X_t + \alpha_1 X_{t-1} + \alpha_2 X_{t-2}, \dots, \alpha_n X_{t-n}$$

Ecuación 4

En todo caso la sumatoria de α_i debe ser igual a 1.

- Suavizamiento exponencial: Es un promedio móvil ponderado sofisticado donde se da mayor trascendencia a los últimos valores de demanda y al error del ultimo pronostico.

$$F_{t+1} = F_t + \alpha(D_t - F)$$

Ecuación 5

Siendo α una constante que oscila en el intervalo $[0,1]$. Alpha suaviza el error, si por ejemplo $\alpha = 1$ entonces el pronóstico será exactamente la demanda anterior.

- Suavizamiento exponencial doble: este modelo es eficiente para datos que además de tener un patrón horizontal también presentan una tendencia. Es por ello que sus parámetros tienen dos constantes, una que suaviza la serie y otra que suaviza la tendencia.

$$S_t = \alpha D_t + (1 - \alpha)(S_{t-1} + G_{t-1})$$

$$G_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)G_{t-1}$$

$$F_t = A_{t-1} + T_t$$

Ecuación 6

Tanto alpha como beta toman valores en el intervalo $[0,1]$ pero estos dependerán de que tan grandes son los cambios en el promedio y su tendencia.

- Suavizamiento exponencial triple: similar al anterior modelo, pero en este caso se tiene en cuenta la estacionalidad, es por ello que es necesaria una tercera constante para suavizar este patrón. Es decir que este método es óptimo para datos que tienen una tendencia y adicionalmente unas estaciones.

$$S_t = \alpha(D_t/C_{t-N}) + (1 - \alpha)(S_{t-1} + G_{t-1})$$

$$G_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)G_{t-1}$$

$$C_t = \gamma\left(\frac{D_t}{S_t}\right) + (1 - \gamma)C_{t-N}$$

$$F_{t,t+\tau} = (S_t + \tau G_t)C_{t+\tau-N}$$

Ecuación 7

Donde $\alpha, \beta, \gamma \in [0,1]$ y para iniciar el sistema existen varias metodologías, sin embargo, Winters menciona que en todos se obtienen datos similares.

5.3 MARCO LEGAL

5.3.1 Ley 1776 del 29 de enero de 2016

En esta norma crea y desarrolla las zonas de interés y desarrollo rural, económico y social, Zidres como territorios aptos para la producción agrícola y cuidado de animales domesticados. Estos terrenos no invadirán bosques paramos o zonas protegidas, y se estimara el uso de ellos por pequeños campesinos.

5.3.2 Ley 1876 del 29 de diciembre de 2017

Esta ley principalmente crea el sistema nacional de innovación agropecuaria SNIA, además de poner en marcha el proyecto, el cual estará diseñado por subsistemas, planes estratégicos, instrumentos de planificación, participación, plataformas de gestión, y los mecanismos para su financiación. También se especifica la manera de control y evaluación.

5.3.3 Ley 1731 del 31 de julio de 2014

Esta disposición busca adoptar medidas en materia de financiamiento para la reactivación del sector agropecuario, pesquero, acuícola, forestal y agroindustrial. Además de establecer otras normas para fortalecer la corporación colombiana de investigación agropecuaria CORPOICA. Estas medidas que impulsan los sectores mencionados serán adoptadas y puestas en marcha por las diferentes entidades territoriales adscritas al gobierno y descentralizadas.

5.3.4 Decreto 1071 de 2015

Este mandato es una macro disposición para reglamentar todo el sector administrativo agropecuario, pesquero y desarrollo rural. Ya que define las normas de funcionamiento y su financiación, así como su auditoria, control y evaluación de las entidades. También estructura los sectores mencionados, los fondos especiales como el fondo de capital de riesgo y garantías, fondo de solidaridad agropecuario, fondos parafiscales, fondos de estabilización de precios y fondo de microfinanzas. Además, define disposiciones para corporaciones y centrales de abastos, el instituto agropecuario ICA y lo concerniente a la protección animal y sus procesos. Otro tema reglamentado es relacionado con la vegetación, bosques y sanidad.

5.4 ESTADO DEL ARTE

La problemática que lleva al desarrollo de este estudio también ha sido objeto de investigación en campos similares a nivel nacional y en otros países, claro está con interacción de otras variables propias del entorno donde se presentó el fenómeno.

Por ejemplo para el pronóstico de la demanda de productos agrícolas (Musshoff & Hirschauer, 2008) en su artículo "Improved Program Planning Generates Large Benefits in High Risk Crop Farming" buscaban apoyar la decisión arriesgada de producción agrícola con modelos de planificación formal de análisis estadístico y optimización estocástica. Para ello se utilizó análisis de series de tiempo,

distribución estadística, modelos de series de tiempo lineal, series no lineales y propuso una optimización al modelo. Los resultados no fueron satisfactorios, no por malos resultados sino porque los agricultores no utilizan los modelos de planificación agropecuaria para tomar las decisiones.

Otros estudios para el pronóstico agrícola como el de (SKARZYŃSKA, 2015) denominado "factors determining profitability of production of selected agricultural products by 2020" buscan definir o identificar las variables que llevan a la rentabilidad de producción agropecuaria para el año 2020. En este el autor hizo uso de múltiples algoritmos matemáticos para estimar los factores que llevarían a ser rentables los productos agrícolas seleccionados. Se concluyó que es más rápido el crecimiento de los costos de producción año tras año, que los precios de venta. Por tanto, se debe buscar maneras de hacer más productivos las cosechas con los mismos gastos.

6 MARCO METODOLÓGICO

6.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El estudio es de tipo cuantitativo, exploratorio y descriptivo. Pues se busca indagar sobre las variables que inciden en la producción agrícola del municipio para luego describirlas y lograr determinar cuáles son las más relevantes y de esta manera recolectar datos que tienen que ver con las variables identificadas.

6.2 HIPÓTESIS

La oferta de productos agrícolas en Colombia por parte de agricultores nacionales es muy variable, esto causa fluctuaciones amplias en los precios de venta para el consumidor final. Según la FAO dentro de los principales factores que causan la variabilidad de oferta en las plazas son: el clima, herramientas tecnológicas, capacidad instalada de la tierra, importaciones y disponibilidad de recursos tanto económicos como humanos, además de los intelectuales. Por ejemplo, en el 2019 la cebolla de bulbo tuvo variaciones de oferta en 2 mil toneladas como mínimo hasta 6 mil toneladas, y sus precios cambiaron desde 60 mil a 180 mil por carga.

En efecto las variables mencionadas causan que los productores tengan cosechas con bajos rendimientos o altos según el caso. Y en la cuestión particular del municipio de Simijaca se tiene otra incógnita que afecta el volumen de producción, y es la planeación y control de los productos trabajados.

De lo anterior se concluye que en definitiva son el clima, la planeación y disponibilidad de recursos los causantes de las fluctuaciones de la oferta de la agricultura en el municipio de Simijaca.

6.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio se desarrollará con la metodología de una investigación no experimental y longitudinal. Donde se identifica las variables que inciden en el comportamiento de oferta de productos agrícolas en el mercado nacional y se recoge información con diferentes herramientas para reconocer otras características y datos que no se hayan registrado, para determinar cuáles variables son dependientes e independientes. Además de estudiar su relación entre ellas y su evolución en el tiempo. La información se tomará de bases de datos de entidades gubernamentales como DANE, SIPSA, Agronet y otras. Además, se utilizarán entrevistas para recolectar información de primera mano.

6.4 ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS

6.4.1 Población

Como el objeto de estudio es diseñar un modelo predictivo para beneficio de la comunidad simijense, entonces la población de estudio será los agricultores del municipio en cuestión.

6.4.2 Herramientas estadísticas

Para el tratamiento de datos y manipulación de estos se utilizará el software Excel de Microsoft y el programa estadístico SPSS de IBM, además, para algunos otros análisis se utilizará el paquete Stat Fit del software promodel.

7 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS ALCANZADOS

7.1 IDENTIFICACIÓN DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS SEMBRADOS EN EL MUNICIPIO DE SIMIJACA Y SUS VARIABLES

Consultada la base de datos el Agronet, Anexo A Base agrícola EVA 2007-2019, se identificaron 6 productos cosechados en el territorio municipal con producción variable durante los últimos 13 años. A continuación, un análisis profundo de cada producto sembrados desde el 2006 hasta 2019.

7.1.1 Arveja

La arveja es la segunda leguminosa más importante en Colombia, debido a sus altos contenidos nutricionales como proteína, carbohidratos y vitaminas A, B y C, además de otros componentes como los minerales presentes en menor cantidad en este grano (Hickling, 2003). Su producción según la encuesta nacional agropecuaria 2016, está repartida en los departamentos de Nariño con una participación del 52%, Cundinamarca y Boyacá con el 29%, y el restante se produce en Tolima y otros.

Figura 2 Arveja

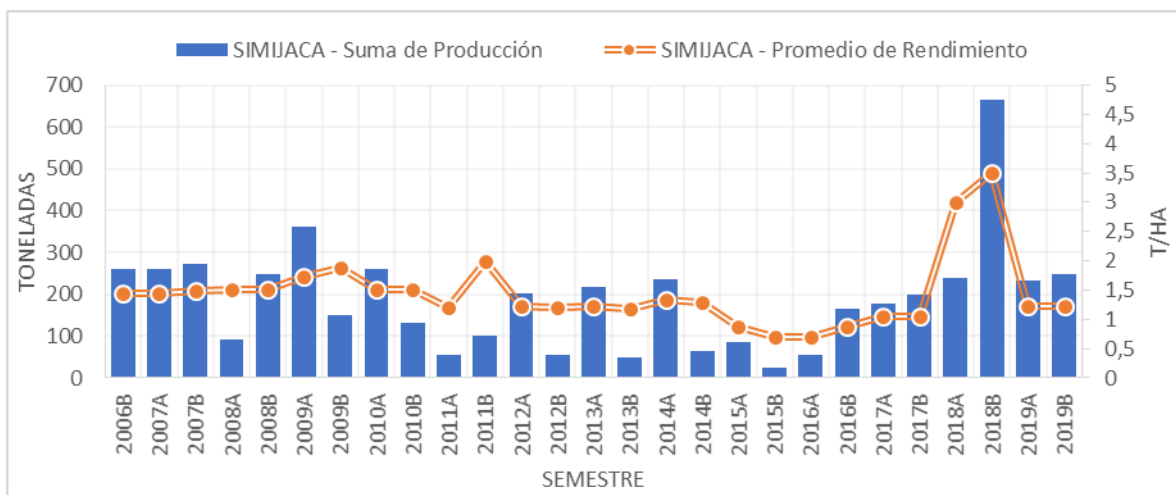


Fuente: (Beneficios de consumir arvejas.2017)

La producción de la alverja desde 2006 hasta finales de 2019 en el municipio de Simijaca se muestra en el Gráfico 1, con un pico muy alto en el segundo semestre de 2018, donde se produjeron 665 toneladas con un área sembrada similar a la de los años anteriores como se observa en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** El aumento en más de 400 toneladas con la misma área cosechada significa un mayor rendimiento de toneladas por hectárea, esto lo respalda la línea naranja del **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.,** el cual muestra un crecimiento significativo en ese periodo. Sin embargo, este valor es desproporcionado que corresponde a un dato atípico, ya que este nivel de producción no puede ser alcanzado teniendo las mejores condiciones, además, el

incremento se dio en todos los municipios donde se sembró el grano, una coincidencia exorbitante. Y más aún, el precio de venta en las principales plazas de acopio del país estuvo elevado como se observa en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, siendo que debió ser bajo dado el exceso de oferta que se registró en ese periodo.

Gráfico 1 Producción de arveja por semestre de cada año



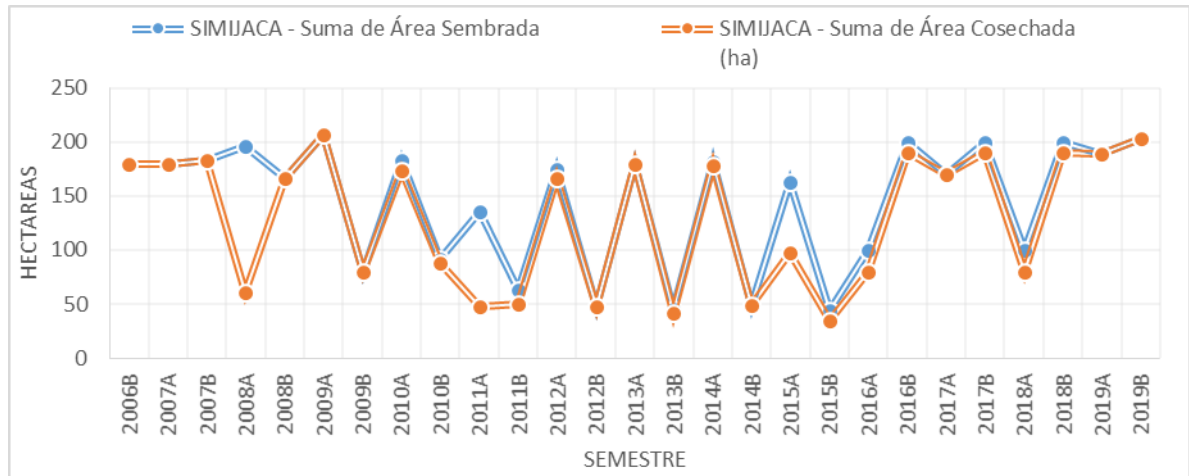
Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la producción en el primer semestre de 2018 si tuvo un incremento real a causa de varios factores que tuvieron lugar en ese semestre, como el buen clima, ya que los chícharos son muy sensibles al exceso de agua, así como a las altas temperaturas, pues lo primero causa enfermedades a la planta y lo segundo genera varias plagas que se come y troza el tallo de la planta.

Adicionalmente, la selección idónea de semillas certificadas contribuye al aumento de producción. Normalmente la semilla se clasifica de la cosecha anterior lo que degrada su calidad a través de los años, pues los productores no cuentan con la tecnología para ello, pero en esa oportunidad se renovó la clase de semilla.

Otro punto crítico es el que corresponde al primer semestre de 2009, en él se evidencia un aumento leve tanto en el área cosechada como en su rendimiento, sin embargo, el incremento en producción fue más significativo. De lo cual se constató que la siembra tuvo lugar en un terreno más suelto (sector el pantano del municipio) lo que genero un mejor resultado, pues la tierras arcillosas y gruesas afectan el crecimiento de la planta. Hay que aclarar que la arveja se cosecha normalmente para rotar y dar descanso a la tierra, por lo que en este periodo se utilizó la tierra en la que se siembra papa y zanahoria y el suelo poseía nutrientes que fueron provechosos por la semilla.

Gráfico 2 Área sembrada de arveja vs Área cosechada de arveja

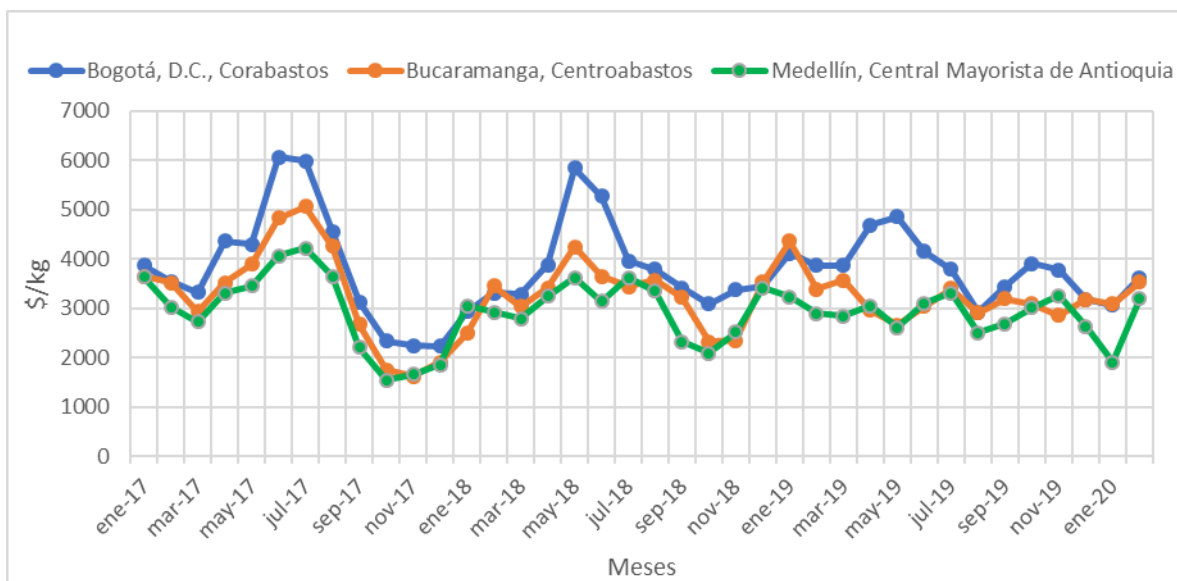


Fuente: Elaboración propia

Nótese los puntos naranjas en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** que están por debajo de la línea azul, es decir el primer semestre de 2008, 2011 y 2015. En estos el área cosechada cayó frente al terreno sembrado, principalmente porque las parcelas en el municipio aunque sean llanas tienen sectores con desnivel, lo que causa que en el invierno de abril se acumule el agua sin tener por donde evacuar, generando así pérdida de tierras sembradas, pero las zonas que no se ven afectadas tienen un rendimiento normal como se observa en la línea naranja del **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

En cuanto al rendimiento de la producción en el municipio frente a la del país, esta levemente por debajo y con variaciones constantes, pues el promedio nacional está en 1,6 ton/ha mientras que la del pueblo es de 1,5 ton/ha, con mínimos de 0,7 ton/ha y máximos de 2 ton/ha, excluyendo el pico de 2018.

Gráfico 3 Histórico de precios de arveja



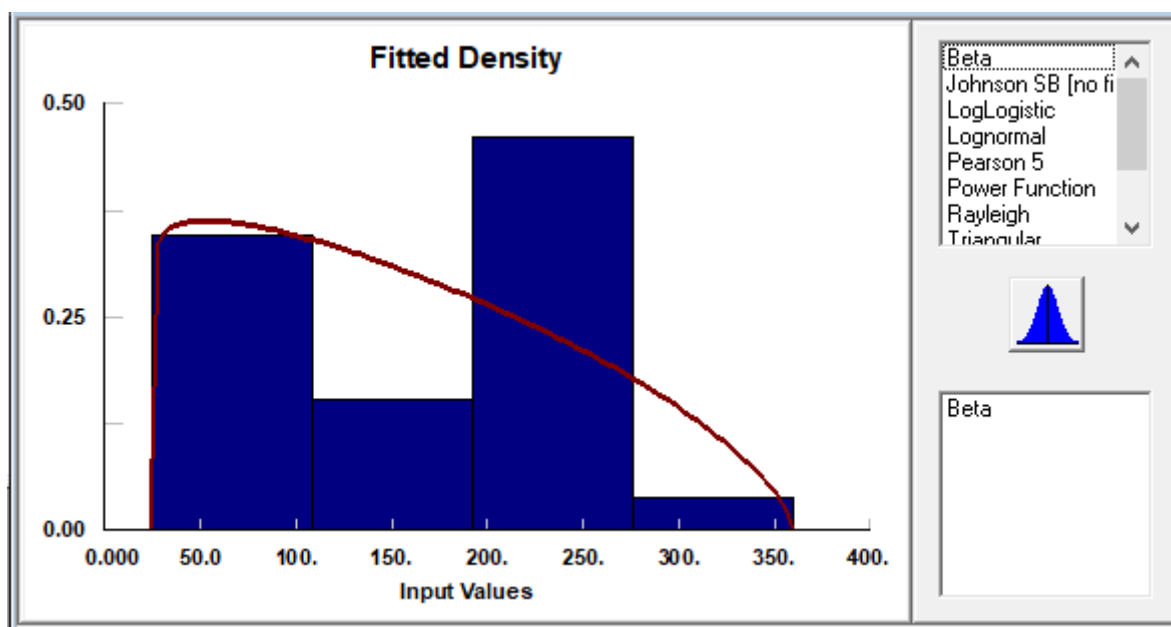
Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los costos de producción para la arveja es de \$5.547.901 por hectárea (Sergio Arboleda, 2019) y si tenemos en cuenta que el rendimiento promedio es de 1,5 T/ha entonces el costo por kilogramo es de \$ 3.699. Lo que quiere decir que en el año 2018 la producción y comercialización de arveja fue rentable en los meses de mayo, junio y julio de acuerdo con el *Gráfico 3*, en consecuencia, los meses restantes fueron de pérdida.

7.1.1.1 Análisis estadístico

El comportamiento de los datos de producción de la alverja en el municipio de Simijaca se aproxima a una distribución beta, como se observa en el *Gráfico 4*, donde se utilizó la herramienta Stat fit del software promodel, para realizar las pruebas de bondad *Chi squared*, *Kolmogorov Smirnov* y *Anderson Darling*, ver *Figura 3*.

Gráfico 4 Distribución aproximada de producción de arveja



Fuente: Elaboración propia

Figura 3 Pruebas de bondad y ajuste

goodness of fit			
data points	26		
estimates	maximum likelihood estimates		
accuracy of fit	3.e-004		
level of significance	5.e-002		
summary			
distribution	Chi Squared	Kolmogorov Smirnov	Anderson Darling
Beta	2.92 [3]	0.188	0.966
Johnson SB	no fit	no fit	no fit
LogLogistic	5.38 [3]	0.19	1.41
Lognormal	6.92 [3]	0.196	2.07
Pearson 5	39.5 [3]	0.384	6.03
Power Function	11.2 [3]	0.228	1.14
Rayleigh	5.69 [3]	0.18	2.12
Triangular	4.46 [3]	0.204	1.32
Uniform	11.2 [3]	0.221	1.89
Weibull	3.85 [3]	0.184	1.17

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1 Análisis estadístico de Arveja

Área			
Cosechada Producción			
Arveja	(ha)	(t)	Rendimiento

Media	129,7	189,5	1,4
Error típico	12,1	25,1	0,1
Mediana	166,0	199,5	1,3
Moda	180,0	260,0	1,5
Desviación estándar	62,9	130,3	0,6
Varianza de la muestra	3955,1	169,6	0,4
Curtosis	-1,8	5,8	5,3
Coefficiente de asimetría	-0,3	1,8	2,1
Rango	172,0	640,5	2,8
Mínimo	35,0	24,5	0,7
Máximo	207,0	665,0	3,5
Suma	3502,7	5116,6	38,9
Cuenta	27,0	27,0	27,0
Mayor (1)	207,0	665,0	3,5
Menor(1)	35,0	24,5	0,7
Nivel de confianza (95,0%)	24,9	51,6	0,2

Fuente: Elaboración propia

7.1.2 Cebolla de bulbo

En Colombia se producen en promedio 190.000 toneladas al año de cebolla cabezona. Siendo Boyacá, Cundinamarca y Norte de Santander los principales departamentos productores como se muestra en el *Gráfico 5*, y es la segunda hortaliza más consumida en Colombia y en el mundo después del tomate, por sus propiedades saborizantes (DANE, 2016).

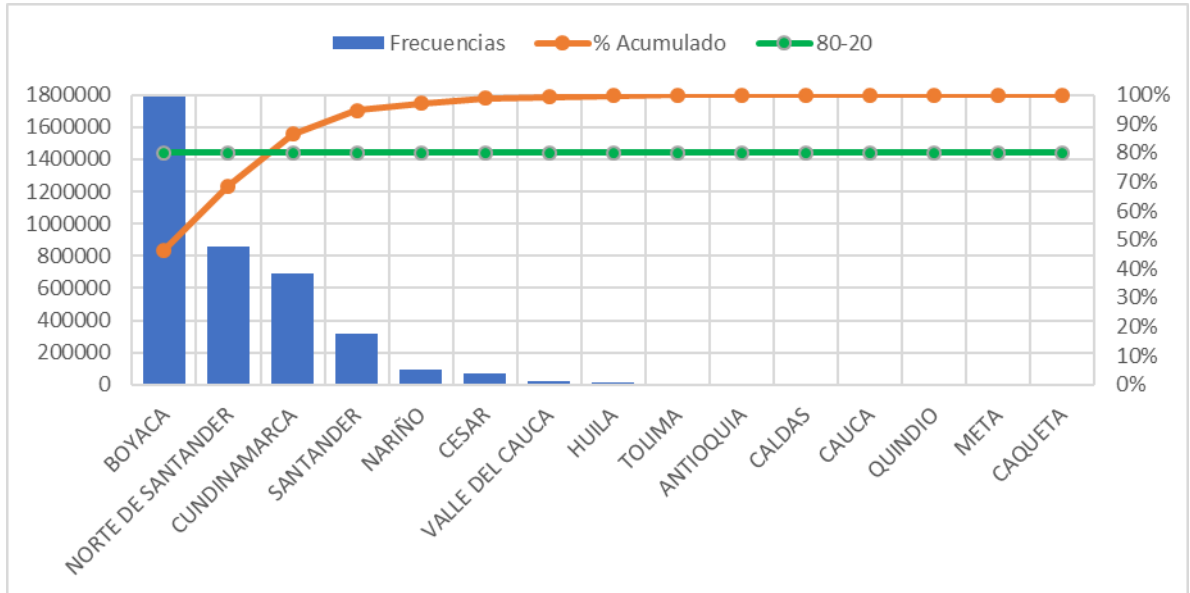
Figura 4 Cebolla de bulbo



Fuente: (Thi Hong,)

La razón de esta concentración en los departamentos mencionados radica en las características térmicas y los nutrientes de sus suelos. En Boyacá, además de los atributos topográficos cuenta con recursos humanos expertos en su producción, pero, la poca rotación de los terrenos a otros cultivos ha causado una degradación en los suelos, lo que causa una migración a otras tierras con rasgos similares. Es así, como empezó el aumento de producción en el año 2009 en el municipio de Simijaca, con la llegada de productores provenientes de los municipios de Sachica y algunos municipios aledaños del departamento de Boyacá, como se evidencia en el *Gráfico 6*.

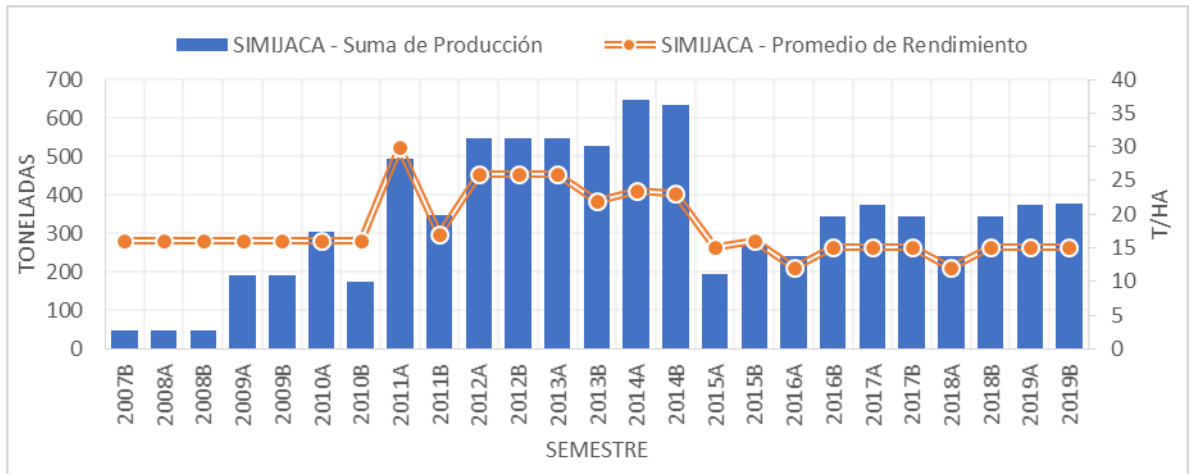
Gráfico 5 Pareto de producción de cebolla de bulbo en Colombia



Fuente: Elaboración propia

Las fluctuaciones que tuvieron lugar después del 2014 se debieron a los precios de venta del producto en los distintos mercados nacionales, no se tiene determinado el grado de relación entre el precio de venta y la toma de decisión para su producción, pero se ha constatado que estos cambios de precio inciden en la producción de la hortaliza en las siguientes temporadas.

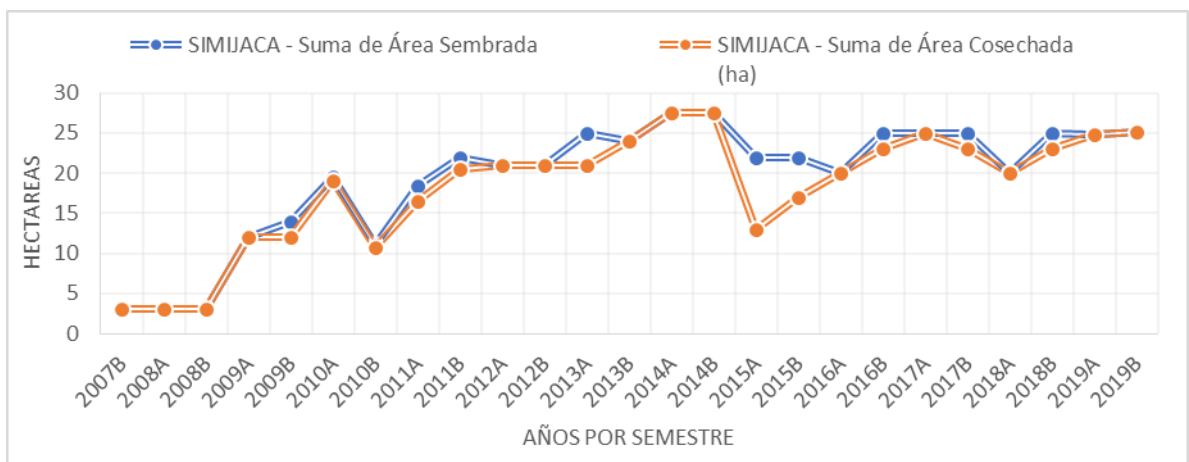
Gráfico 6 Producción de cebolla por semestre vs. Rendimiento por hectárea



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a su rendimiento, se evidencian alzas entre 2011 y 2014 a causa del fenómeno de la niña y sus abundantes lluvias, pues mejoró el índice de recursos hídricos en el campo, y como es sabido, este producto necesita constante riego y humedad, por lo que fue valioso en este lapso de tiempo. Adicionalmente, con la migración de productores de Boyacá, se enriqueció el conocimiento técnico, pues se implementaron nuevos métodos para mejorar su rendimiento, como abono y agua en el momento preciso, cuidados fitosanitarios, identificación de terreno idóneo y selección de semillas.

Gráfico 7 Área sembrada vs Área cosechada

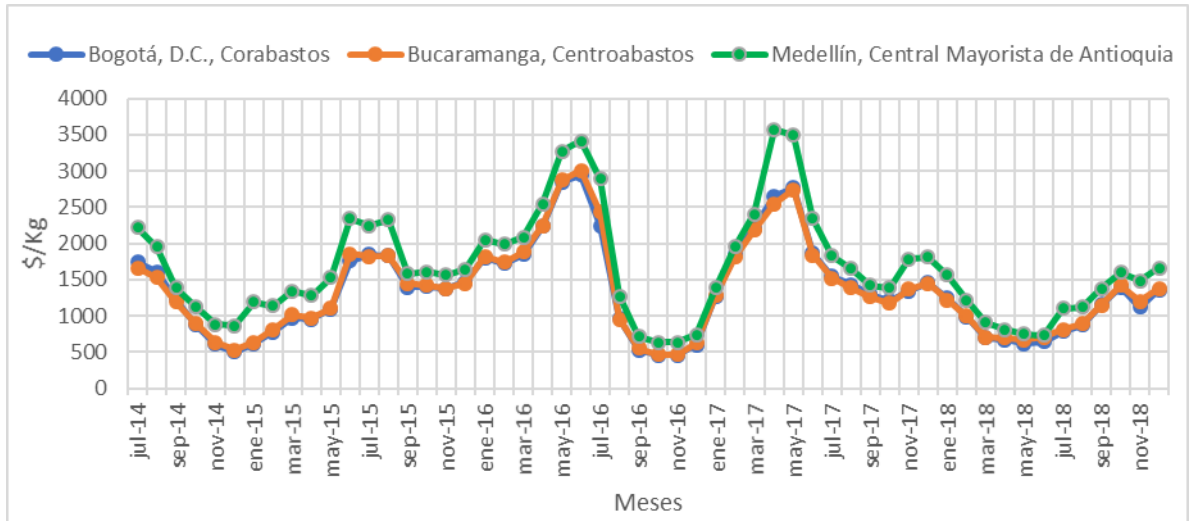


Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, se identificó una caída en el área cosechada frente al área sembrada a comienzos del 2015. Esta disminución se tribuye al abuso del suelo con el mismo

producto consecutivamente, como se registró en los terrenos aledaños al río Simijaca. Si bien es un sector estratégico por sus abundantes recursos hídricos, la no rotación generó la degradación del suelo y por consiguiente la germinación de enfermedades y hongos que atacan la raíz del bulbo causando pérdidas de área sembrada.

Gráfico 8 Histórico de precios de la cebolla



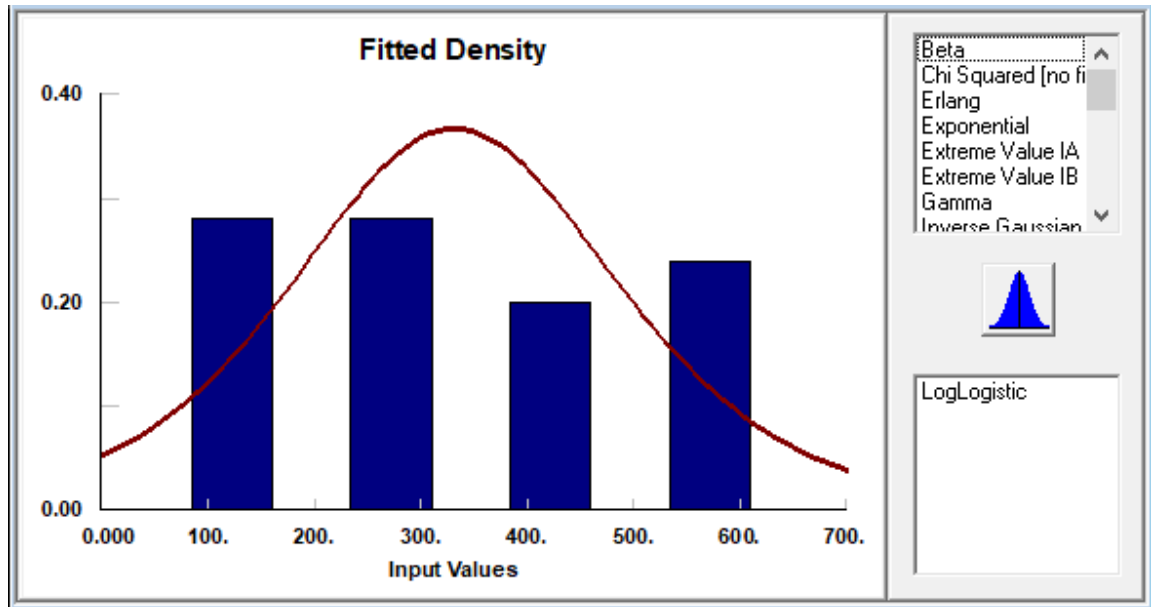
Fuente: Elaboración propia

El costo de producción para esta hortaliza es de \$5.397.044 por hectárea (Sergio Arboleda, 2019), y el promedio de rendimiento en los últimos años es de 15 T/ha, de lo que se concluye un importe de \$360 por kilogramo aproximadamente. Es decir, que casi todo el año es rentable la producción y comercialización de cebolla de bulbo.

7.1.2.1 Análisis estadístico

Los datos de oferta de la cebolla se distribuyen con la función loglogistic de acuerdo a los resultados del stat fit, ver Gráfico 9

Gráfico 9 Distribución aproximada de producción de la Cebolla



Fuente: Elaboración propia

Figura 5 Pruebas de bondad y ajuste

goodness of fit			
data points	25		
estimates	maximum likelihood estimates		
accuracy of fit	3.e-004		
level of significance	5.e-002		
summary			
distribution	Chi Squared	Kolmogorov Smirnov	Anderson Darling
Beta	0.44 (3)	0.134	0.421
Chi Squared	no fit	no fit	no fit
Erlang	1.08 (3)	0.132	0.363
Exponential	3. (3)	0.233	4.01
Extreme Value IA	1.4 (3)	0.189	0.973
Extreme Value IB	2.36 (3)	0.19	0.662
Gamma	1.08 (3)	0.135	0.364
Inverse Gaussian	1.08 (3)	0.127	0.414
Inverse Weibull	no fit	no fit	no fit
Johnson SB	no fit	no fit	no fit
Logistic	1.08 (3)	0.116	0.443
LogLogistic	1.08 (3)	0.114	0.414
Lognormal	1.08 (3)	0.117	0.407
Normal	1.08 (3)	0.126	0.418
Pareto	26.7 (3)	0.401	7.61
Pearson 5	1.4 (3)	0.155	0.642
Pearson 6	2.36 (3)	0.202	0.497
Power Function	5.56 (3)	0.29	1.09
Rayleigh	1.08 (3)	0.131	0.539
Triangular	1.08 (3)	0.131	0.547
Uniform	0.44 (3)	0.17	1.08
Weibull	1.08 (3)	0.111	0.434

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2 Análisis estadístico de Cebolla

<i>Cebolla</i>	<i>Área Cosechada (ha)</i>	<i>Producción (t)</i>	<i>Rendimiento</i>
Media	18,2	336,0	18,0
Error típico	1,5	35,2	1,0
Mediana	20,5	345,0	16,0
Moda	3,0	48,0	16,0
Desviación estándar	7,4	176,1	4,9
Varianza de la muestra	54,4	30,2	24,0
Curtosis	0,1	-0,8	0,1
Coefficiente de asimetría	-1,0	0,1	1,1
Rango	24,5	598,3	18,0
Mínimo	3,0	48,0	12,0
Máximo	27,5	646,3	30,0
Suma	455,8	8400,0	450,5
Cuenta	25,0	25,0	25,0
Mayor (1)	27,5	646,3	30,0
Menor (1)	3,0	48,0	12,0
Nivel de confianza (95,0%)	3,0	72,7	2,0

Fuente: Elaboración propia

7.1.3 Frijol

El frijol es una leguminosa versátil a diferentes climas, se puede cosechar desde los 800 metros de altura hasta los 2900 metros de altitud, pero dependiendo el clima y suelo se debe seleccionar la variedad de semilla de frijol. Simijaca hace parte del altiplano cundiboyacense y posee un suelo óptimo para la producción de frijol tipo cargamanto o bola roja. Este grano Figura 6, se siembra normalmente en mixto con el maíz, ya que el tallo del cereal sirve de soporte para el crecimiento del frijol a su alrededor, obteniendo buenos rendimientos. Existen otras técnicas de monocultivo para su producción, pero no son comunes en el municipio porque las características del suelo son ideales para otros cultivos como el maíz, más que para frijol.

Figura 6 Frijol



Fuente: (Ospina, 2013)

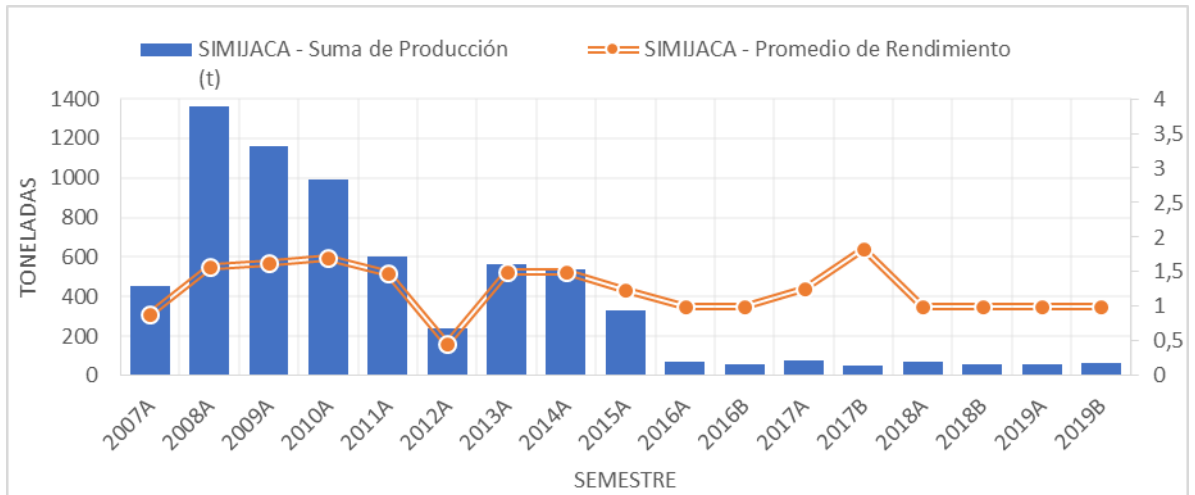
La producción de este ha venido en descenso desde el 2008, debido a los grandes cambios climáticos de las últimas décadas. Y es que esta leguminosa es muy sensible a la inestabilidad climática, pues, una pequeña helada o granizada puede acabar por completo con el cultivo, incluso las altas temperaturas pueden generar plagas difíciles de controlar y enfermedades que afectan su rendimiento.

Nótese en el *Gráfico 10* después de 2016 su siembra es más constante, debido a que los agricultores a sabiendas de las fluctuaciones meteorológicas y fenómenos no se arriesgan a sembrar demasiado este grano, más que en mixto con el maíz.

Su rendimiento a través de los años tiene variaciones bruscas, por ejemplo, en 2012 disminuyó más de un 30% con respecto al año anterior. La razón de esto es el cambio de método de producción, como se mencionó anteriormente después de 2008 se dejaron de sembrar en monocultivos para hacerlo solamente en mixto, esto baja su rendimiento, además del desmesurado invierno de ese año que afectó significativamente el desarrollo de la planta.

Otro punto singular es el del segundo semestre de 2017, este fue por la producción a escala del grano por algunos granjeros que decidieron fortuitamente rotar las tierras y sembrar en gran cantidad el frijol, dado su rápido ciclo de producción.

Gráfico 10 Producción de frijol por año



Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 11 se puede constatar que no hubo pérdidas de área sembrada pues la curva de área cosechada es casi igual.

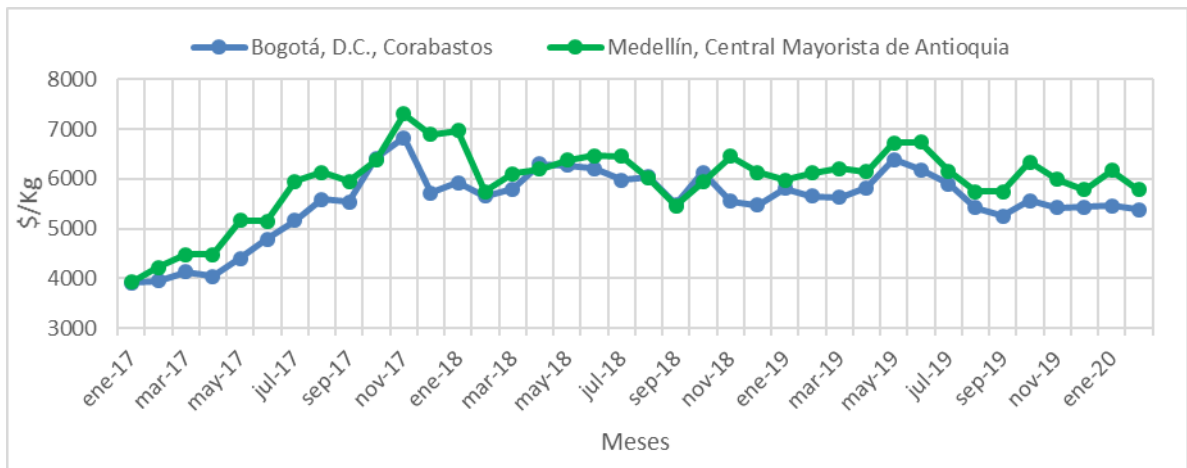
Gráfico 11 Área sembrada vs Área cosechada



Fuente: Elaboración propia

Los costos de producción del frijol por hectarea es de \$3.597.159, como su rendimiento en los ultimos años fue de 1T/ha, entonces producir un kilo cuesta \$3.597. Comparando este valor con el presion de venta de los últimos años Gráfico 12, evidenciamos que ha sido rentable su siembra en 2017, 2018 y 2019.

Gráfico 12 Histórico de precios de frijol

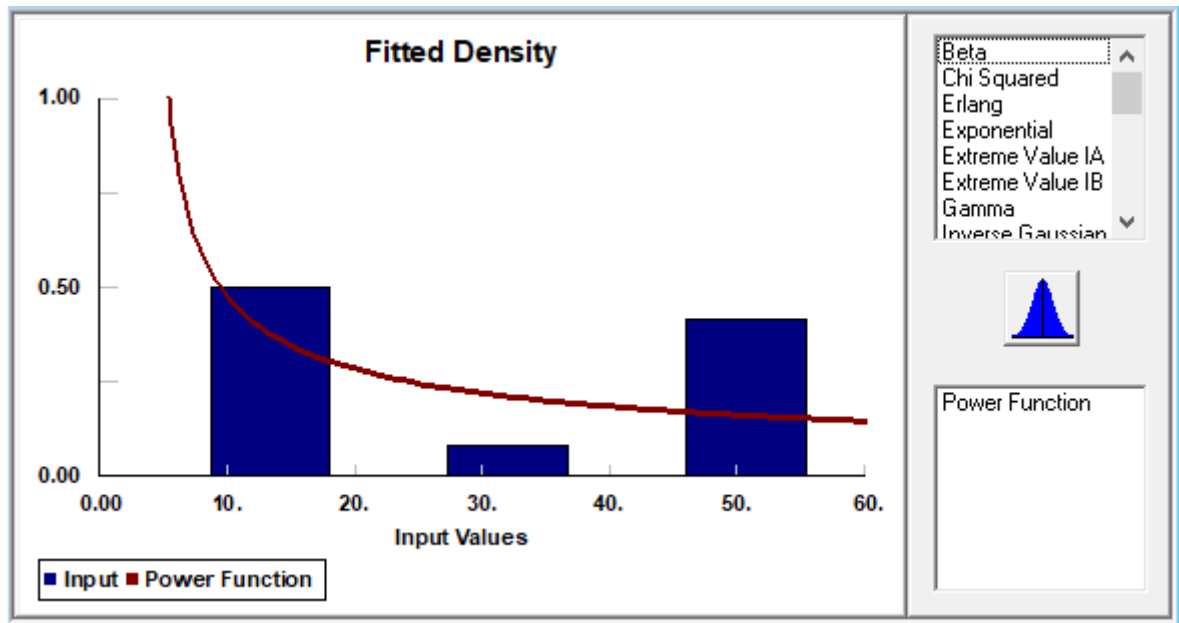


Fuente: Elaboración propia

7.1.3.1 Análisis estadístico

Los datos de producción de frijol tienen una distribución aproximada a la función *power function* Gráfico 13, como se constató en el software con las pruebas de bondad pertinentes.

Gráfico 13 Distribución aproximada de producción del frijol



Fuente: Elaboración propia

Figura 7 Pruebas de bondad y ajuste

goodness of fit			
data points	12		
estimates	maximum likelihood estimates		
accuracy of fit	3.e-004		
level of significance	5.e-002		
summary			
distribution	Chi Squared	Kolmogorov Smirnov	Anderson Darling
Beta	not available	0.282	0.707
Chi Squared	not available	0.246	0.889
Erlang	not available	0.254	0.936
Exponential	not available	0.259	0.781
Extreme Value IA	not available	0.259	0.881
Extreme Value IB	not available	0.228	0.898
Gamma	not available	0.253	0.935
Inverse Gaussian	not available	0.266	0.729
Inverse Weibull	no fit	no fit	no fit
Johnson SB	not available	1.	0.637
Logistic	not available	0.25	0.874
LogLogistic	not available	0.252	0.872
Lognormal	not available	0.235	0.604
Normal	not available	0.249	0.935
Pareto	not available	0.218	1.33
Pearson 5	not available	0.249	0.675
Pearson 6	not available	0.234	0.681
Power Function	not available	0.223	0.404
Rayleigh	not available	0.257	1.08
Triangular	not available	0.274	1.89
Uniform	not available	0.327	1.88
Weibull	not available	0.242	0.835

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3 Análisis estadístico de Frijol

Frijol	Área Cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento
Media	297,6	396,1	1,2
Error típico	65,1	102,9	0,1
Mediana	263,5	238,3	1,2
Moda	70,0	70,0	1,0
Desviación estándar	268,5	424,2	0,4
Varianza de la muestra	720,9	179,3	0,1
Curtosis	-0,6	0,4	-0,3
Coficiente de asimetría	0,7	1,2	-0,2
Rango	839,0	1308,6	1,4
Mínimo	28,0	51,5	0,5
Máximo	867,0	1360,0	1,8
Suma	5058,4	6734,3	21,1
Cuenta	17,0	17,0	17,0

Mayor (1)	867,0	1360,0	1,8
Menor (1)	28,0	51,5	0,5
Nivel de confianza (95,0%)	138,0	218,1	0,2

Fuente: Elaboración propia

7.1.4 Maíz

El maíz es uno de los cereales mayor demandados en el país, tanto así, que más del 60% del grano se importa. También, es el producto más sembrado en el municipio, por su estabilidad en los precios de venta y por aptitud de los suelos para su producción. Este es cosechado en modalidad tradicional y se comercializa como maíz dulce o comúnmente conocido como mazorca.

Figura 8 Maíz

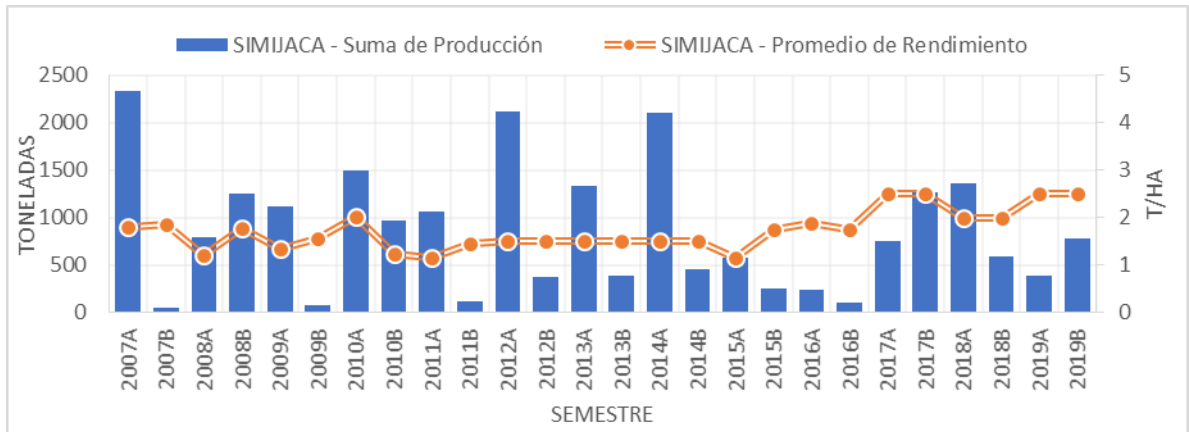


Fuente: Elaboración propia

En el *Gráfico 14* se evidencian oscilaciones de producción entre semestres muy bruscas, esto es debido a que la mazorca está sujeta a temporadas. El primer semestre de cada año es la estación de mayor demanda, mientras que, en el segundo es el periodo de baja producción.

Puntos singulares que se registraron en el histórico de producción en el municipio son los segundos semestres de cada año donde su producción fue mayor al primero, como en 2008 y 2017. Esas producciones se deben a la perdida por heladas de la planta en el primer semestre, por lo que los agricultores después de la merma de enero y febrero vuelven a sembrar y sus cosechas son recogidas en el segundo semestre.

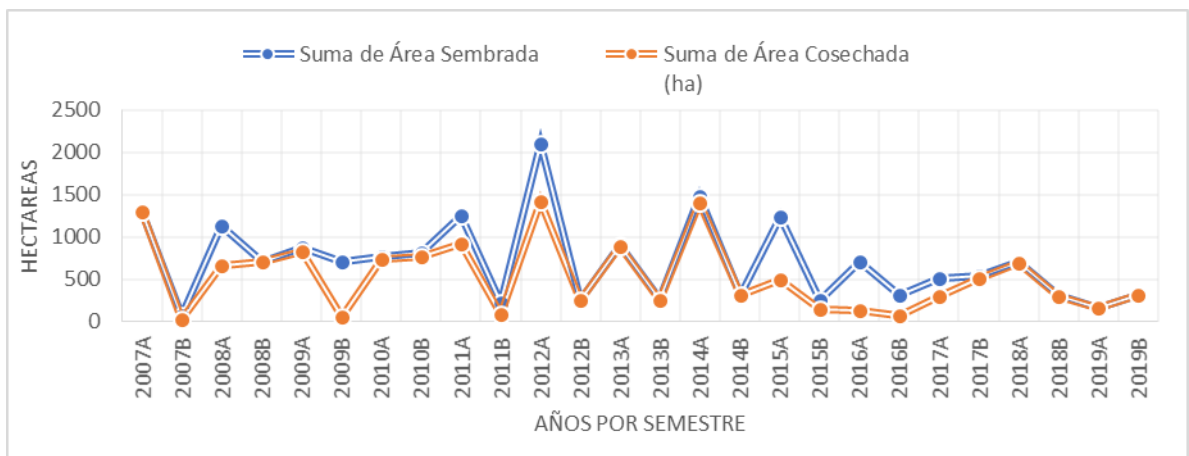
Gráfico 14 Producción de maíz por año



Fuente: Elaboración propia

Del Gráfico 15 se destacan los periodos 2008A, 2012A, y 2016A, por su disminución en el área cosechada frente a área sembrada. Este comportamiento se explica por las heladas del comienzo de cada año, donde el fenómeno solo afecto un porcentaje de terreno no muy significativo, lo que conlleva a que los productores continúen con la producción de ese producto. En otros casos cuando el daño es grande, prefieren volver a sembrar sobre el mismo terreno.

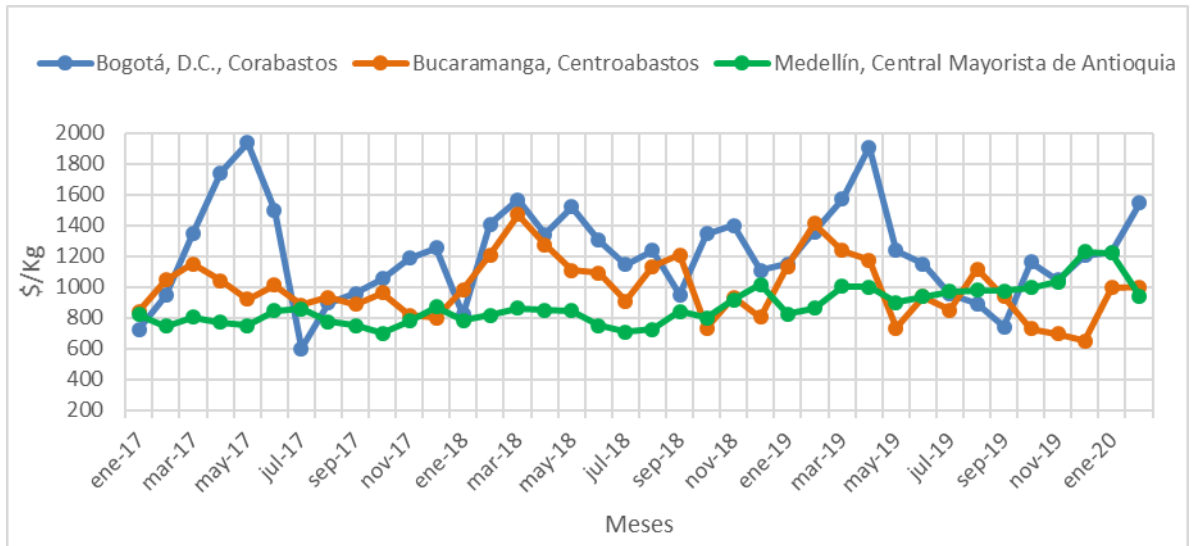
Gráfico 15 Área sembrada vs Área cosechada



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, cultivar una hectárea de maíz tradicional cuesta \$ 4.086.092 según el segundo informe de costos de 2018, y el rendimiento de los últimos años Gráfico 14 fue de 2,5T/ha. Es decir que el kilogramo cuesta \$1.634, comparando este valor con los datos del Gráfico 16, se concluye que muy pocas veces al año se obtienen ganancias de su comercialización.

Gráfico 16 Histórico de precios de Maíz

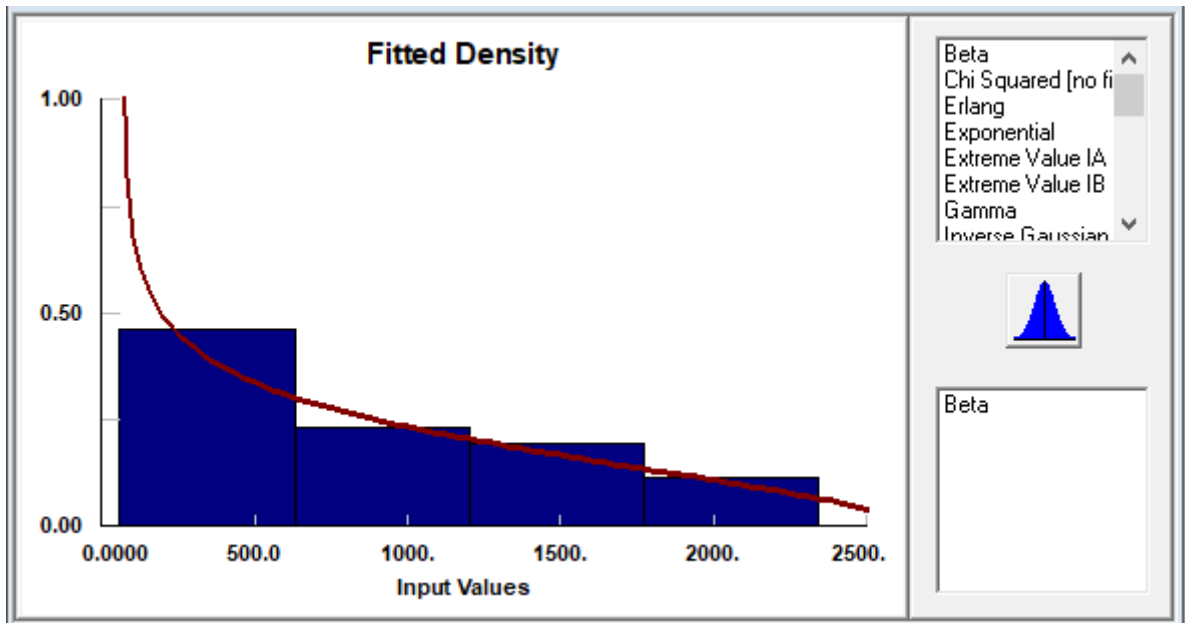


Fuente: Elaboración propia

7.1.4.1 Análisis estadístico

La producción del maíz en el municipio se distribuye de acuerdo con la función beta como se observa en el siguiente gráfico, junto con las pruebas de bondad aplicadas.

Gráfico 17 Distribución aproximada de producción del maíz



Fuente: Elaboración propia

Figura 9 Pruebas de bondad y ajuste

goodness of fit			
data points	26		
estimates	maximum likelihood estimates		
accuracy of fit	3.e-004		
level of significance	5.e-002		
summary			
distribution	Chi Squared	Kolmogorov Smirnov	Anderson Darling
Beta	0.462 (3)	8.11e-002	0.218
Chi Squared	no fit	no fit	no fit
Erlang	0.462 (3)	0.115	0.552
Exponential	0.462 (3)	0.115	0.552
Extreme Value IA	2.62 (3)	0.104	0.335
Extreme Value IB	2. (3)	0.176	1.22
Gamma	0.462 (3)	0.115	0.552
Inverse Gaussian	0.462 (3)	9.88e-002	0.347
Inverse Weibull	no fit	no fit	no fit
Johnson SB	3.23 (3)	0.123	0.374
Logistic	3.23 (3)	0.115	0.541
LogLogistic	3.23 (3)	0.124	0.494
Lognormal	0.462 (3)	9.68e-002	0.347
Normal	1.38 (3)	0.124	0.64
Pareto	18.6 (3)	0.327	4.65
Pearson 5	2.92 (3)	0.153	0.794
Pearson 6	0.769 (3)	0.117	0.347
Power Function	2. (3)	0.124	0.347
Rayleigh	2. (3)	0.133	0.573
Triangular	0.769 (3)	9.8e-002	0.611
Uniform	6.92 (3)	0.271	3.81
Weibull	0.462 (3)	0.117	0.58

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4 Análisis estadístico de Maíz

Maíz	Área Cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento
Media	528,0	864,1	1,7
Error típico	82,2	128,9	0,1
Mediana	404,3	769,4	1,7
Moda			1,5
Desviación estándar	418,9	657,5	0,4
Varianza de la muestra	175,5	432,2	0,2
Curtosis	-0,2	-0,2	-0,4
Coficiente de asimetría	0,8	0,8	0,7
Rango	1387,0	2284,0	1,3
Mínimo	30,0	56,0	1,2
Máximo	1417,0	2340,0	2,5
Suma	13728,6	22466,1	45,0
Cuenta	26,0	26,0	26,0

Mayor (1)	1417,0	2340,0	2,5
Menor (1)	30,0	56,0	1,2
Nivel de confianza (95,0%)	169,2	265,6	0,2

Fuente: Elaboración propia

7.1.5 Papa

La papa es el segundo producto agrícola con mayor producción en términos de ocupación del suelo después del maíz, y en rendimiento después de la zanahoria. Es el producto con mayor demanda de los seis productos cosechados en el municipio, y el más importante para consumo humano no cereal, además tiene una demanda per cápita de 61 kilogramos a nivel nacional con una oferta que oscila entre 2.700.000 y 2.800.000 toneladas anuales (Fedepapa,).

Figura 10 Papa



Fuente: (Vahos, 2019)

La papa es un tubérculo que se desarrolla en óptimas condiciones a partir de los 2000 metros sobre el nivel del mar, lo que hace al municipio una zona geográfica ideal para su siembra. En Simijaca se cultiva en forma semi industrial, es decir con ayuda tecnológica y con algunas labores tradicionales de mano de obra. Su nivel de producción industrial depende las características del terreno, ya que en algunas zonas de paramo no es posible el acceso de tecnología, mientras en las zonas llanas se aprovecha al máximo esta oportunidad.

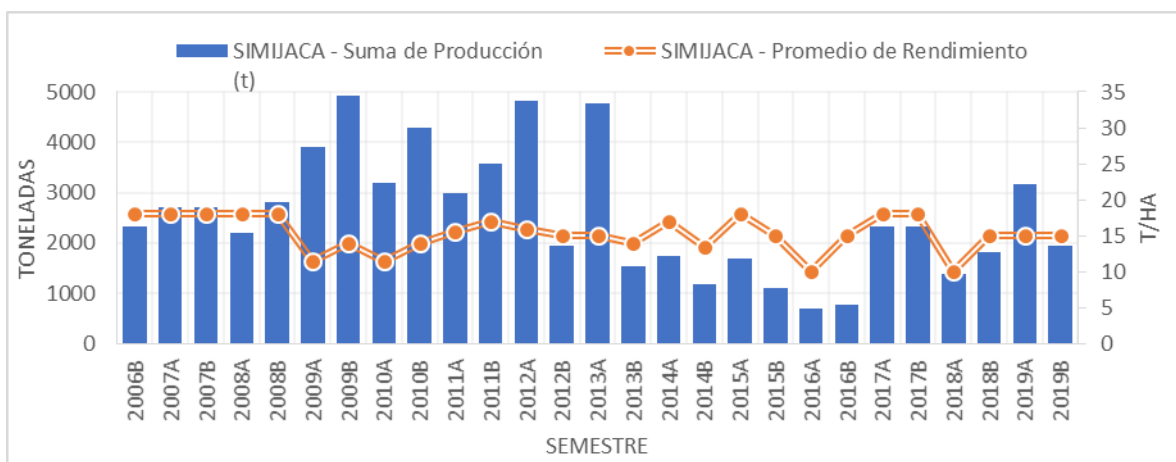
En el *Gráfico 18* se observa grandes variaciones de producción en la última década, debido a los bajos precios que se vende el producto en los diferentes periodos del año y su repentina alza de precio de comercialización. Esto conlleva a los agricultores en algunas épocas decidan sembrar grandes cantidades y luego muy pocas hectáreas, en estos casos sube la producción de otro producto pues la tierra no se deja improductiva y se debe cosechar algún producto, el cual puede ser maíz,

zanahoria y otros, la decisión depende de la pericia del agricultor para tomar la decisión de siembra.

El rendimiento óptimo es de 18 toneladas por hectárea, sin embargo, estos indicadores se alcanzan muy pocas veces, como en el 2017. Este índice se logró con buenas prácticas de cuidado e ideales condiciones climáticas, donde el suelo se mantiene húmedo sin encharcamiento y las enfermedades como la gota son controladas oportunamente. Adicionalmente el uso de semilla certificada y fertilización constante del suelo hacen que se obtenga grandes rendimientos de producción.

En algunos casos el rendimiento puede ser bueno pero su calidad muy baja, esto se presenta cuando se tienen cuidados en el cultivo, pero el verano azota el tubérculo con plagas que atacan el bulbo. En contraposición cuando el invierno es inmensurable el rendimiento baja como en el primer semestre de 2016 y 2018 ya que el producto de cada planta se pierde en porcentajes altos.

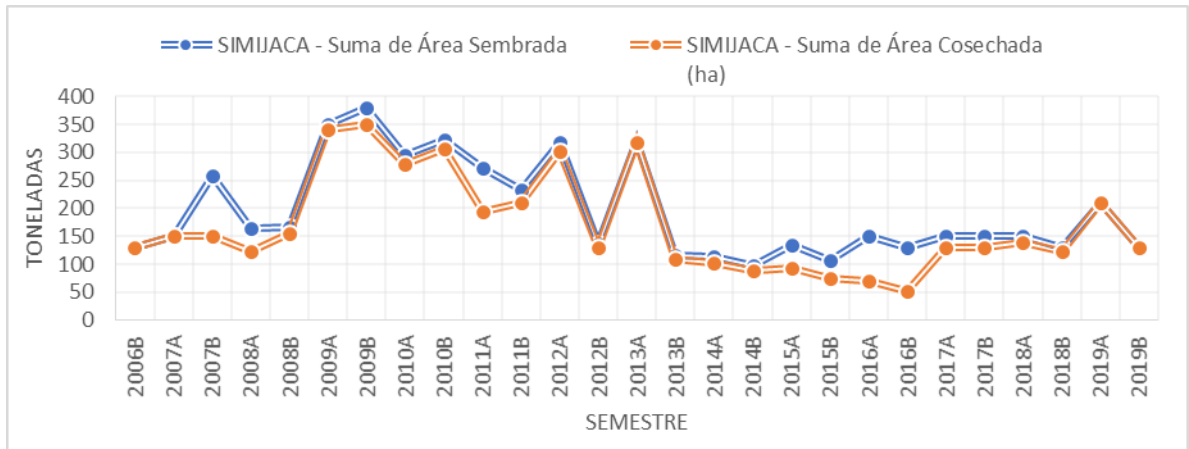
Gráfico 18 Producción de papa por año



Fuente: Elaboración propia

Por ejemplo, en 2015 y comienzos de 2016 la gota y el invierno hacen que las pérdidas de área sembrada sean significativas. En estos escenarios las zonas ideales para su producción son los páramos donde el agua dreña a través de la pendiente, pero como se ya se mencionó en estos lugares no se puede implementar la tecnología lo que implica un aumento en los costos de mano de obra.

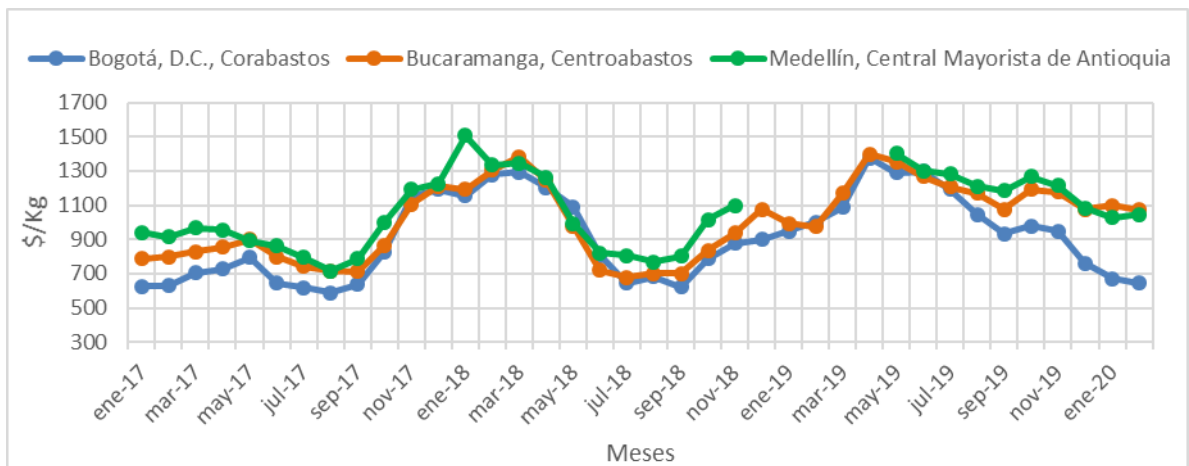
Gráfico 19 Área sembrada vs Área cosechada



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, en precio de venta en los principales centros de acopio de los últimos tres años se ilustra en el *Gráfico 20*, esto valores son fijados como se ha mencionado anteriormente, de acuerdo con la oferta. Como en Colombia el 85% de producción de papa está distribuida en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Nariño entonces el precio depende de las toneladas producidas en esos territorios, es decir, que si algún factor como el clima afecta su producción negativamente entonces los precios suben. Estos son los motivos de los picos de enero de 2018 y abril de 2019. Inversamente los precios bajos menores a \$700 por kilo son consecuencia de grandes ofertas del tubérculo.

Gráfico 20 Rendimiento t/ha



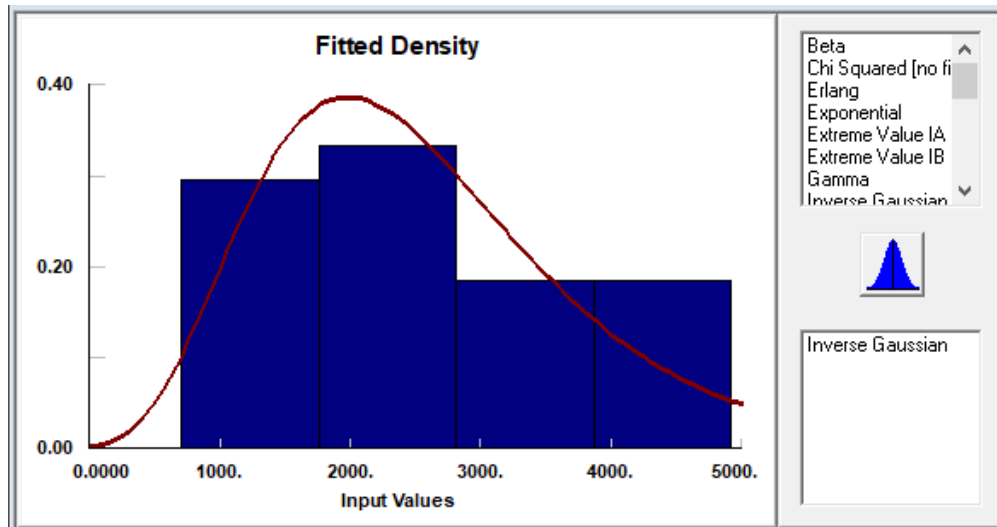
Fuente: Elaboración propia

Su costo de producción por hectárea es de \$5.182.382 de lo cual se infiere que el kilo cuesta \$399 tomando un rendimiento de 13T/ha, por tanto, se concluye que trabajar la papa es rentable a lo largo de todo el año.

7.1.5.1 Análisis estadístico

Los datos históricos de producción de papa tienen una distribución aproximada a la función *inverse gaussian* de acuerdo con el *Gráfico 21*.

Gráfico 21 Distribución aproximada de la papa



Fuente: Elaboración propia

Figura 11 Pruebas de bondad y ajuste

goodness of fit			
data points	27		
estimates	maximum likelihood estimates		
accuracy of fit	3.e-004		
level of significance	5.e-002		
summary			
distribution	Chi Squared	Kolmogorov Smirnov	Anderson Darling
Beta	0.407 (3)	0.121	0.303
Chi Squared	no fit	no fit	no fit
Erlang	1. (3)	6.07e-002	0.194
Exponential	2.78 (3)	0.192	1.77
Extreme Value IA	0.407 (3)	7.3e-002	0.205
Extreme Value IB	3.67 (3)	0.157	1.02
Gamma	1. (3)	5.82e-002	0.163
Inverse Gaussian	1. (3)	6.14e-002	0.162
Inverse Weibull	no fit	no fit	no fit
Johnson SB	no fit	no fit	no fit
Logistic	0.407 (3)	0.111	0.371
LogLogistic	0.407 (3)	0.115	0.329
Lognormal	1. (3)	6.41e-002	0.163
Normal	0.407 (3)	0.126	0.436
Pareto	14.6 (3)	0.307	4.58
Pearson 5	1. (3)	0.141	0.646
Pearson 6	1. (3)	7.71e-002	0.336
Power Function	2.48 (3)	0.111	0.718
Rayleigh	0.407 (3)	8.84e-002	0.214
Triangular	0.407 (3)	7.79e-002	0.238
Uniform	1.89 (3)	0.185	1.09
Weibull	1. (3)	6.12e-002	0.178

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5 Análisis estadístico de Papa

<i>Papa</i>	<i>Área Cosechada (ha)</i>	<i>Producción (t)</i>	<i>Rendimiento</i>
Media	169,9	2552,2	15,3
Error típico	17,0	234,1	0,5
Mediana	130,0	2340,0	15,0
Moda	130,0	2340,0	18,0
Desviación estándar	88,5	1216,4	2,5
Varianza de la muestra	782,9	147,4	6,1
Curtosis	-0,5	-0,5	-0,2
Coefficiente de asimetría	0,9	0,5	-0,7
Rango	299,0	4214,0	8,0
Mínimo	52,0	700,0	10,0
Máximo	351,0	4914,0	18,0
Suma	4587,6	68909,8	413,0
Cuenta	27,0	27,0	27,0

Mayor (1)	351,0	4914,0	18,0
Menor(1)	52,0	700,0	10,0
Nivel de confianza(95,0%)	35,0	481,2	1,0

Fuente: Elaboración propia

7.1.6 Zanahoria

La zanahoria es una hortaliza que se puede cosechar en zonas templadas, sin embargo, el suelo debe retener entre el 70 y 80% de humedad, por lo que la topografía oriental del municipio es propicia para su cultivo. Estos terrenos mencionados están rodeados por acuíferos que bifurcan de la laguna de Fúquene, por lo que la tierra tiene constante humedad y de esta manera ahorrar costos de riego del cultivo.

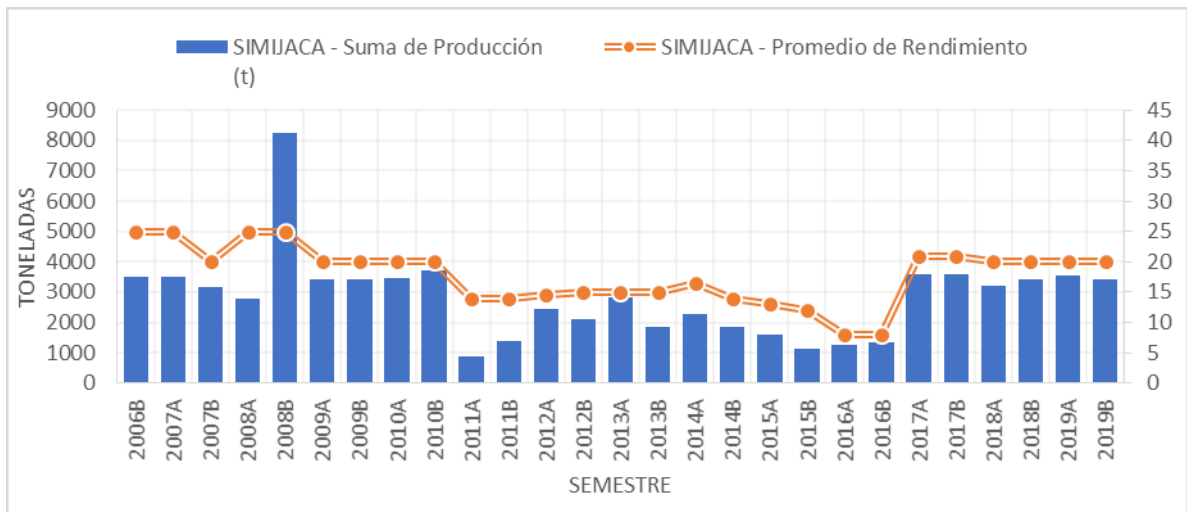
Figura 12 Zanahoria



Fuente: Elaboración propia

La zanahoria tiene grandes rendimientos por hectárea desde 8T/ha hasta 25 T/ha en las mejores condiciones, el promedio de rendimiento los últimos años es de 20 toneladas. Cuando el verano es intenso el rendimiento se ve afectado, al igual que cuando se presenta encharcamiento del cultivo a causa del invierno. Su producción es constante como se observa en el Gráfico 22, sus picos bajos como los comprendidos entre el 2011 hasta 2016, con producto de recesión de agricultores. Al igual que en otros cultivos las pérdidas de inversión hacen que las producciones bajen.

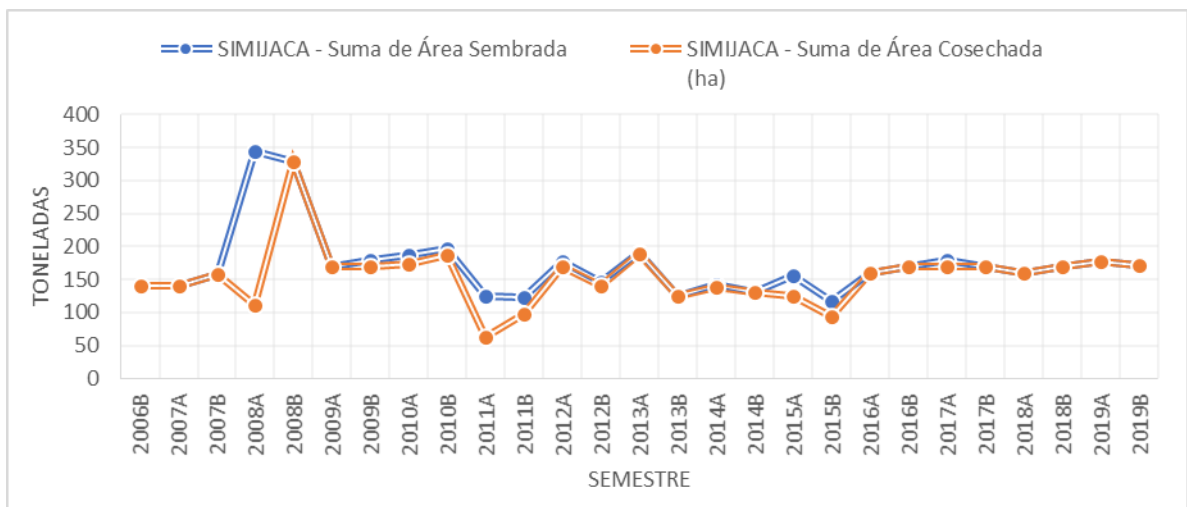
Gráfico 22 Producción de zanahoria por año



Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 23 tenemos puntos críticos en 2008A, 2011A y 2015A, por sus pérdidas frente al área sembrada. Las variables que afecta estos indicadores son los mis de los cultivos ya mencionados, fertilización del suelo, cuidado de plagas, enfermedades y desconocimiento de los procesos que incurren para su producción. Esto último porque los agricultores cultivan su cosecha con las mismas prácticas tradicionales, desconociendo cuidados del suelo y mejoras en los procesos.

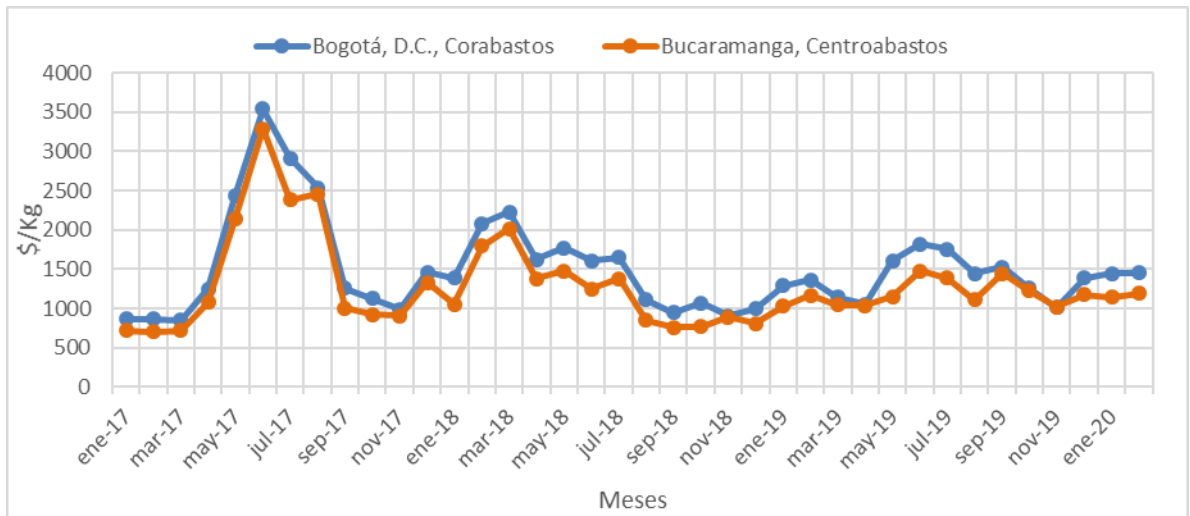
Gráfico 23 Área sembrada vs Área cosechada



Fuente: Elaboración propia

Los costos de esta raíz son de \$5.242.284 por hectárea, es decir que el kilo cuesta \$262 tomando un rendimiento de 20T/ha y comparando este valor se evidencia que ha sido rentable su producción en los últimos tres años.

Gráfico 24 Rendimiento t/ha

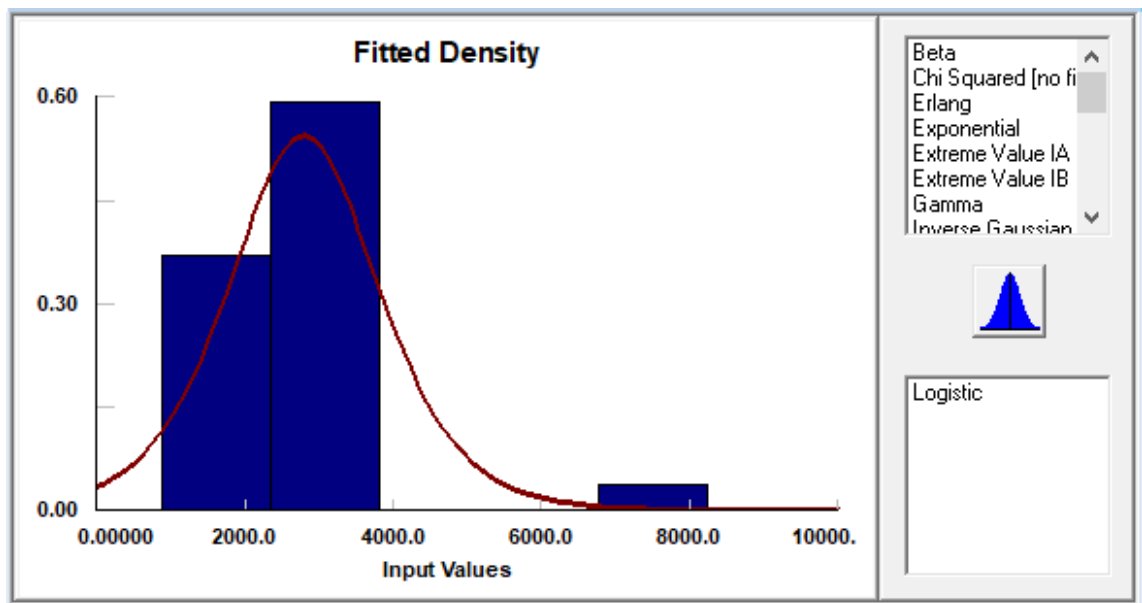


Fuente: Elaboración propia

7.1.6.1 Análisis estadístico

La mejor aproximación de distribución de la zanahoria es la función *logistic* como se observa en el siguiente gráfico.

Gráfico 25 Distribución aproximada



Fuente: Elaboración propia

Figura 13 Pruebas de bondad y ajuste

goodness of fit			
data points	27		
estimates	maximum likelihood estimates		
accuracy of fit	3.e-004		
level of significance	5.e-002		
summary			
distribution	Chi Squared	Kolmogorov Smirnov	Anderson Darling
Beta	5.04 (4)	0.221	1.62
Chi Squared	no fit	no fit	no fit
Erlang	15.8 (4)	0.181	1.2
Exponential	22.8 (4)	0.216	2.63
Extreme Value IA	15.8 (4)	0.2	1.11
Extreme Value IB	15.8 (4)	0.318	3.28
Gamma	15.8 (4)	0.186	1.18
Inverse Gaussian	15.8 (4)	0.181	1.16
Inverse Weibull	no fit	no fit	no fit
Johnson SB	3.56 (4)	1.	0.716
Logistic	17.3 (4)	0.165	1.08
LogLogistic	11.7 (4)	0.189	1.14
Lognormal	15.8 (4)	0.181	1.15
Normal	12.8 (4)	0.228	1.39
Pareto	28.4 (4)	0.276	4.89
Pearson 5	18.4 (4)	0.222	1.45
Pearson 6	15.8 (4)	0.188	1.39
Power Function	31.3 (4)	0.39	4.04
Rayleigh	15.8 (4)	0.211	1.2
Triangular	26.1 (4)	0.37	2.9
Uniform	39.1 (4)	0.576	10.7
Weibull	15.8 (4)	0.194	1.19

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6 Análisis estadístico de Zanahoria

Zanahoria	Área Cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento
Media	155,5	2847,8	17,8
Error típico	8,9	272,5	0,9
Mediana	160,0	3160,0	20,0
Moda	170,0	3400,0	20,0
Desviación estándar	46,3	1415,8	4,8
Varianza de la muestra	214,5	200,6	23,1
Curtosis	7,3	7,3	-0,4
Coficiente de asimetría	1,7	1,9	-0,3
Rango	266,0	7343,0	17,0
Mínimo	63,0	882,0	8,0
Máximo	329,0	8225,0	25,0
Suma	4197,9	76889,6	481,0
Cuenta	27,0	27,0	27,0

Mayor (1)	329,0	8225,0	25,0
Menor (1)	63,0	882,0	8,0
Nivel de confianza (95,0%)	18,3	560,1	1,9

Fuente: Elaboración propia

7.2 ANÁLISIS DE VARIABLES IDENTIFICAS

Las variables que tienen incidencia en la siembra de los diferentes productos que se cosechan en el municipio de Simijaca se clasificaron en dos: Los que afectan su rendimiento y los que afectan su producción.

7.2.1 Variables de rendimiento

La siguiente tabla ilustra las variables que afectan el rendimiento a cada producto que se cultiva en el municipio.

Tabla 7 Impacto de variables sobre el rendimiento de cada producto

Variable/ Producto	Arveja	Cebolla	Frijol	Maíz	Papa	Zanahoria
Invierno	x		x			
Verano		x				x
Semillas	x					
Plagas y enfermedades	x	x	x	x	x	x
Heladas	x		x	x	x	

Fuente: Elaboración propia

Cabe resaltar que las variables no afectan algunas cosechas en condiciones normales. Por ejemplo, el invierno no interviene en el rendimiento de cebolla, pero si las precipitaciones son excesivas entonces esta variable se convierte en un problema porque sobrepasa los límites de tolerancia de humedad que tiene la cebolla, esto es, que si supera las 160mm de agua en precipitaciones se convierte en un peligro para el rendimiento, como ocurrió en el invierno de 2012 y 2013 donde las lluvias alcanzaron más de 200mm como se puede corroborar en el anexo F.

También hay que tener en cuenta que el grado de impacto de cada variable en los distintos productos agrícolas depende de la topográfica de la zona y las características del terreno, ya que un cultivo de arvejas no está amenazado en un terreno con pendiente, pues la humedad se drena rápidamente. Lo mismo sucede si por ejemplo hay un cultivo de papa en una zona donde la tierra es suelta y retiene la humedad, entonces esta variable también se convierte en una amenaza para el desarrollo óptimo de la cosecha.

7.2.2 Variables de calidad y costos

En el apartado anterior se tuvo en cuenta las plagas y enfermedades como un factor determinante para el rendimiento de la cosecha, sin embargo, este también afecta la calidad de los productos y aumenta los costos de producción, ya que las enfermedades pueden causar mal formaciones, manchas y texturas indeseables, por otro lado, las plagas dañan el producto final.

La tecnología es otra variable, pero esta tiene relevancia principalmente en el aumento de los costos de producción y un tanto en la calidad, pues si no hay uso de herramientas tecnológicas, entonces aumenta la mano de obra y con ello los errores en la consecución de tareas.

Finalmente, el conocimiento y la experticia en todos los procesos para las distintas cosechas hacen que tanto el rendimiento como su calidad se vean afectados positiva o negativamente según lo asertivas que sea cada decisión. No solo las decisiones de los agricultores sino también las de los trabajadores tienen consecuencias en el resultado final.

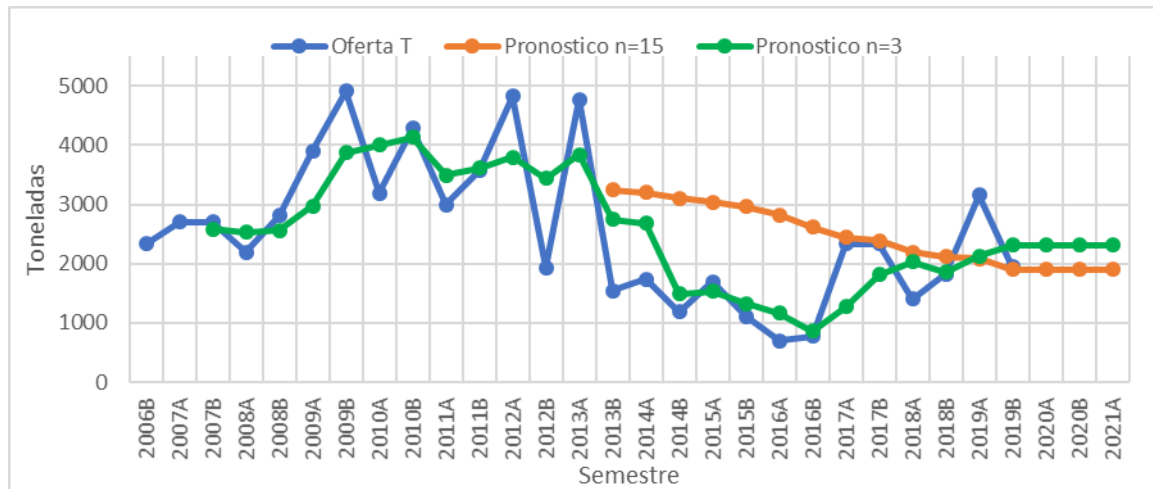
7.3 EVALUACIÓN DE MODELOS

A partir de los datos tomados del anexo A, se evaluaron los métodos de pronóstico de series de tiempo y correlacionales. A pesar de ser los más indicados para la predicción estos no son muy exactos ya que se muestran grandes variaciones como se observa a continuación:

7.3.1 Promedio móvil simple

Este método se aplicó a cada producto agrícola utilizando la Ecuación 3, con un valor de N pequeño (<4) y otro con un N grande (>10), los resultados se pueden observar en la hoja PromMov del Anexo C, del cual se puede concluir que el modelo es más acertado con un N pequeño ya que de este modo el promedio cambia en valores grandes y las variaciones entre un periodo y otro son significativos, mientras que al tomar un N grande los picos presentados en el horizonte de tiempo se anulan entre sí y el pronóstico es menos asertivo. Por ejemplo, en el maíz y papa se utilizó $n=2$ y los valores de pronóstico se mantuvieron dentro del rango de la señal de rastreo, mientras que la suma constante del error de pronóstico S.C.E.P y la desviación media absoluta D.M.A se mantuvo baja en comparación con los otros modelos, pero, no lo suficiente como para ser aceptable. Cuando $n>10$ los valores de S.C.E.P y D.M.A crecieron significativamente en todos los productos y la señal de rastreo se sale de los límites de control. Nótese en el *Gráfico 26* la línea verde que corresponde a un $n=3$, está más cerca de la curva real (línea azul) y la señal de rastreo está dentro de los límites, mientras que el pronóstico naranja no varía de acuerdo a los cambios de oferta que tienen lugar a través del tiempo y su señal de rastreo es más amplia en 0,5 unidades frente a primer pronóstico.

Gráfico 26 Pronóstico de maíz con promedio móvil



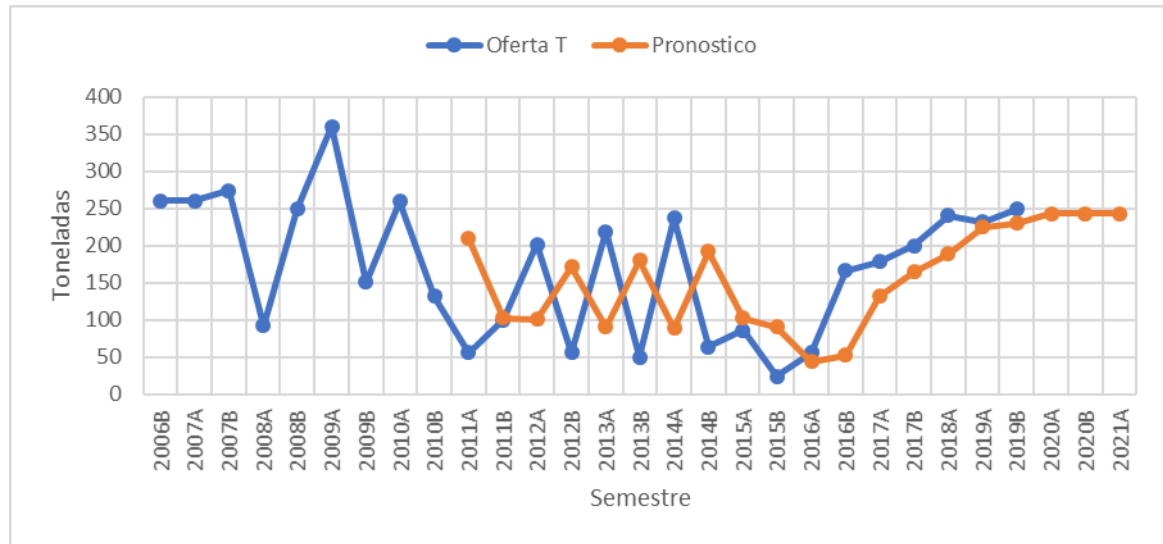
Fuente: Elaboración propia

7.3.2 Suavización exponencial

Este modelo mantiene sus predicciones dentro de los límites de control de la señal de rastreo (ver Anexo C) en todos los productos agrícolas, no obstante, la D.M.A y S.C.E.P aumentan con respecto al promedio móvil como se evidencia en la *Tabla 8*, es decir que el pronóstico está más lejos del valor real. Este problema es consecuencia de la ponderación que el modelo asigna al último valor registrado de oferta, por tanto, el pronóstico tratará de alcanzar ese valor, pero los datos pueden tener un cambio similar a una serie estacional como se evidencia en la *Gráfico 27* entre el 2011 y 2015, lo que conlleva a un desacierto total en el pronóstico. Una alternativa para esta anomalía es disminuir el valor de Alpha en la Ecuación 5, con ello se atenúa la variación del pronóstico tendiendo este a una línea recta, pero la desviación aumenta aún más.

Es evidente que este modelo no se ajusta a productos que tienen constantes variaciones entre periodo y periodo, pero sí en los que mantienen una tendencia como la zanahoria o frijol.

Gráfico 27 Pronostico de arveja con suavizamiento exponencial



Fuente: Elaboración propia

7.3.3 Método de Holt

Al igual que en el suavizamiento exponencial los valores de señal de rastreo están dentro de los límites, excepto en el pronóstico de oferta del frijol. No obstante, la D.M.A y la S.C.E.P aumentan, por lo que se descarta el modelo como un predictor óptimo. Esto porque se sigue presentando el problema de la suavización exponencial y adicionalmente este modelo incluye una constante que suaviza la tendencia, pero como se observa en todas las gráficas de oferta en el numeral 7.1, estas no muestran una tendencia, lo que conlleva a errores más grandes en el pronóstico.

Tabla 8 Consolidado de indicadores de pronóstico

Producto	Modelo	Promedio móvil	Suavización Exponencial	Método Holt	Método Winter	Factores estacionales
Arveja	D.M.A	61	75	83	85	89
	S.C.E.P	38	-48	-1	463	917
Cebolla	D.M.A	86	89	112	139	167
	S.C.E.P	-484	-169	37	323	-1498
Frijol	D.M.A	116	122	129	151	519
	S.C.E.P	998	947	990	1278	3635
Maíz	D.M.A	392	660	672	602	436
	S.C.E.P	160	446	268	1001	2030
Papa	D.M.A	587	974	989	7225	1257
	S.C.E.P	229	1338	69	33573	10217

Zanahoria	D.M.A	452	570	532	552	1486
	S.C.E.P	-189	-540	-1327	1678	-12057

Fuente: Elaboración propia

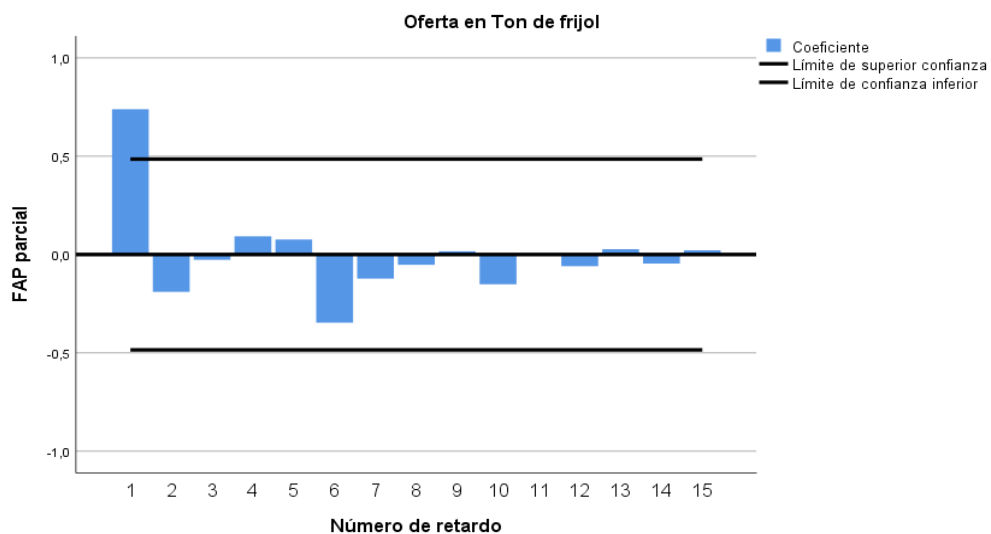
7.3.4 Método de Winter

El comportamiento de los datos de oferta no muestra una tendencia clara durante todo el horizonte de tiempo, pero además tiene varios cambios lo que hace descartar los modelos anteriores. Aun así, los datos parecieran distribuirse más horizontalmente, esto hace pensar que una estacionalidad podría mejorar el pronóstico.

Al evaluar los datos con el software SPSS para determinar los periodos del ciclo se encontró que no hay estacionalidad definida, pues las medias de los datos en cada producto no son similares ni significativos y la correlación es baja, ver Anexo D. Por ejemplo, el *Gráfico 28* muestra el primer dato relevante, pero no está correlacionado con otro, pareciera que esta tímidamente relacionado con el dato del periodo 6, pero no lo suficiente para determinar una estacionalidad. Esto puede ser porque dentro de la serie hay lapsos de tiempo que, si hay estacionalidad, pero luego los valores cambian y se mantienen constantes incluso con una tendencia, como si la serie tuviera unos periodos estables, luego tendientes y otros estacionales, pero no todos al tiempo. Todos los resultados del análisis de autocorrelación y gráficos de secuencia se muestran en el Anexo D.

A pesar del resultado que sugiere no haber estaciones, se evaluó el modelo de Winter para verificar el comportamiento de la S.C.E.P y la D.M.A. con lo cual se encontraron resultados muy desfavorables al comparar los datos con los otros pronósticos, además de salirse de los límites de la señal de rastreo.

Gráfico 28 Autocorrelación parcial del frijol

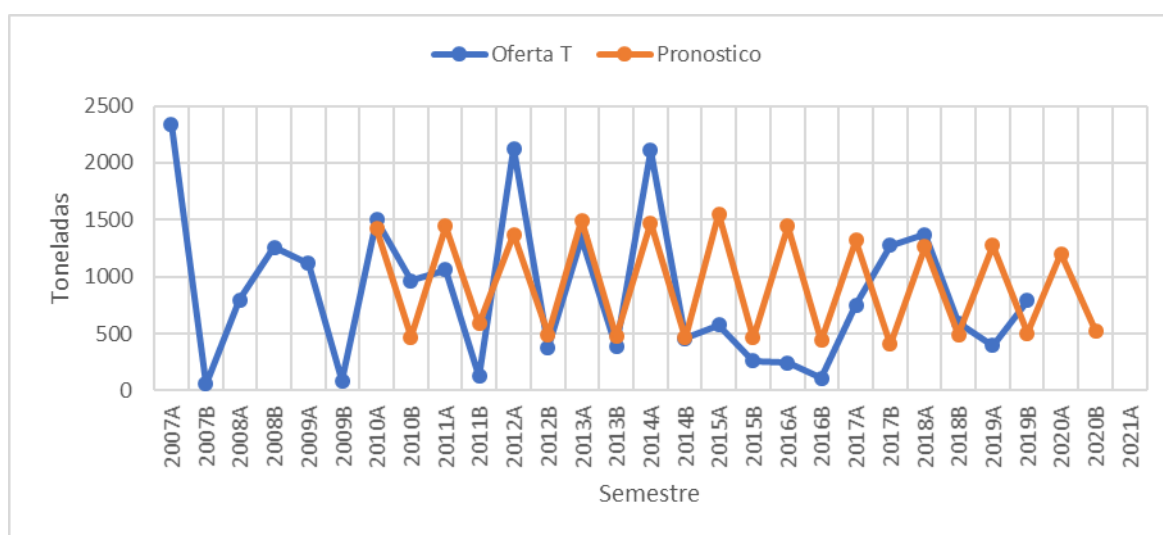


Fuente: Elaboración propia

7.3.5 Factores estacionales

Partiendo del supuesto de estacionalidad asumido en el anterior método se aplicó esta metodología de factores que multiplica la oferta del último periodo por la constante adecuada. En los casos como el del maíz (*Gráfico 29*) donde tiene una pequeña parte de la serie que se comporta con estacionalidad, 2011-2015, el pronóstico es aceptable, pero cuando los datos no siguen el patrón de estacionalidad el modelo es ineficiente, ya que aumenta considerablemente el error. Esto se presenta en todos los productos, ver Anexo C.

Gráfico 29 Pronostico de maíz con factores estacionales



Fuente: Elaboración propia

Hasta aquí se han evaluado métodos que corresponden a series de tiempo en cuyo caso se tienen en cuenta diferentes patrones de secuencia que se pueden identificar en los datos, por ejemplo, si hay una tendencia creciente o decreciente. No obstante, hay otros modelos que también son útiles para la elaboración de predicciones, pero la selección de estos depende de la información que se conoce del producto a pronosticar. Uno de ellos es la regresión lineal que difiere de las series de tiempo porque se busca establecer si hay o no una relación entre dos o más variables, como se verifica a continuación.

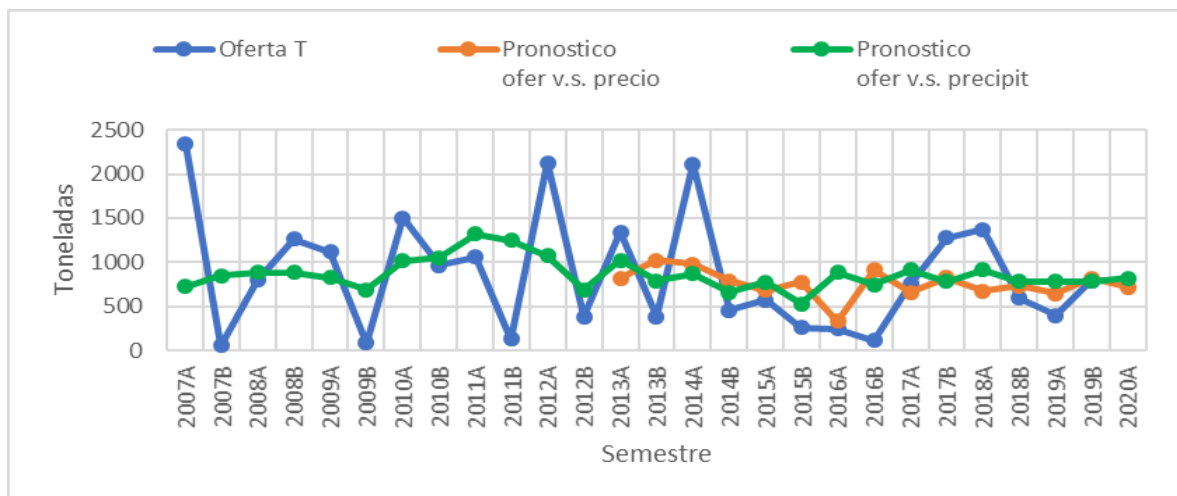
7.3.6 Regresión lineal

En el apartado 7.2 se identificaron distintas variables que interfieren en el proceso de producción, algunas de ellas cualitativas como la calidad de semillas, plagas, enfermedades entre otros. Otras variables de tipo de cuantitativo como el precio de

venta y las precipitaciones de lluvia se evaluaron por separado con una regresión lineal simple para determinar si existe una relación con la oferta y de esta manera hacer un pronóstico más acertado en caso de que la relación sea fuerte.

Si bien la D.M.A fue mínima y la S.C.E.P casi cero en todos los productos tanto en las precipitaciones como en los precios, no es muy acertado este modelo pues las señales de rastreo se salen de control. Nótese los datos pronosticados en el maíz en el Anexo C, se evidencia que la señal de rastreo está dentro de los límites, no obstante, al verificar la línea de pronóstico del *Gráfico 30* se concluye que las predicciones no son muy acertadas a pesar del que los indicadores de evaluación del modelo sean buenos.

Gráfico 30 Pronostico de maíz con regresión lineal

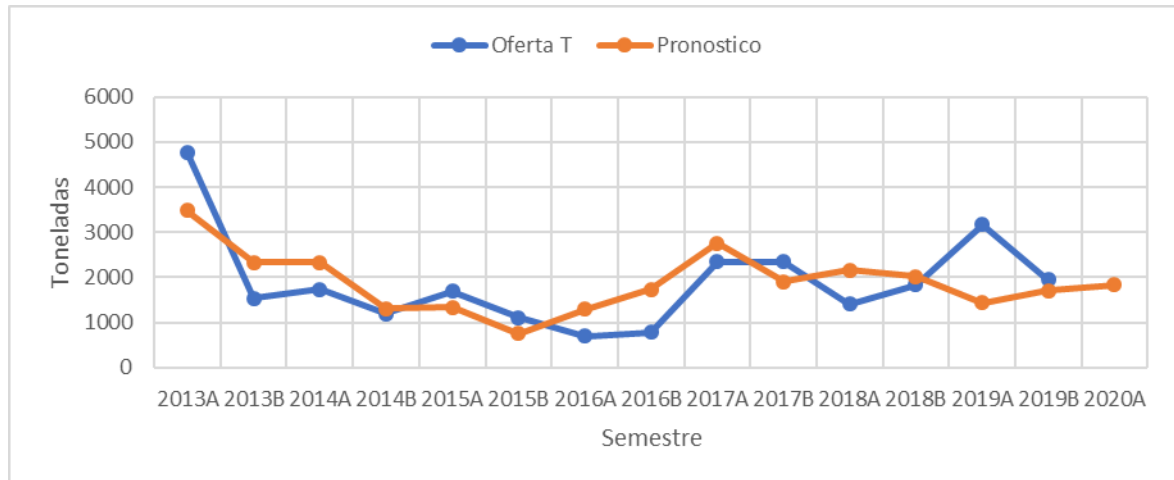


Fuente: Elaboración propia

7.3.7 Regresión lineal múltiple

El modelo de regresión simple no dio buenos resultados como se concluyó en el apartado anterior, sin embargo, al implementar una regresión múltiple con las variables de precipitación de lluvia y los precios de venta, los resultados mejoraron en cuanto a las señales de rastreo, pues se mantuvieron dentro de los límites, excepto en la arveja y zanahoria se salieron levemente. También las curvas de pronóstico son más acertadas en todos los casos, véase el *Gráfico 31*.

Gráfico 31 Pronostico de papa con regresión lineal múltiple



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, al analizar las contantes de determinación encontradas con el software SPSS resumidas en la *Tabla 9*, se concluye que, si hay una relación entre las variables independientes con la oferta, ya que sus valores de R están entre 0,5 y 0,7 aunque no muy fuerte.

Es preciso aclarar que en la regresión múltiple no se tubo encuentra la demanda ya que este factor no se encontró cuantificado en una fuente confiable, además no se halló una incidencia en su producción en el apartado 7.2. Lo anterior ya que en la práctica se suele relacionar directamente la demanda con la oferta.

Tabla 9 Coeficientes de determinación de regresión lineal múltiple

Producto	coeficiente de determinación	R	R ²
Arveja		0,589	0,347
Cebolla		0,227	0,051
Fríjol		0,657	0,290
Maíz		0,672	0,352
Papa		0,660	0,333
Zanahoria		0,565	0,319

Fuente: Elaboración propia

7.3.7.1 Cambio de variables

De todos los modelos evaluados el que mejor se ajusta para el pronóstico es la regresión lineal múltiple, teniendo en cuenta esto, vale la pena verificar el comportamiento del pronóstico cuando las variables dependientes aumentan o

disminuyen. Es decir, si las precipitaciones de lluvia y los precios aumentan o disminuyen proporcional o inversamente, se analizará estos casos en el apartado 7.4.4.

7.3.8 Comparación de métodos

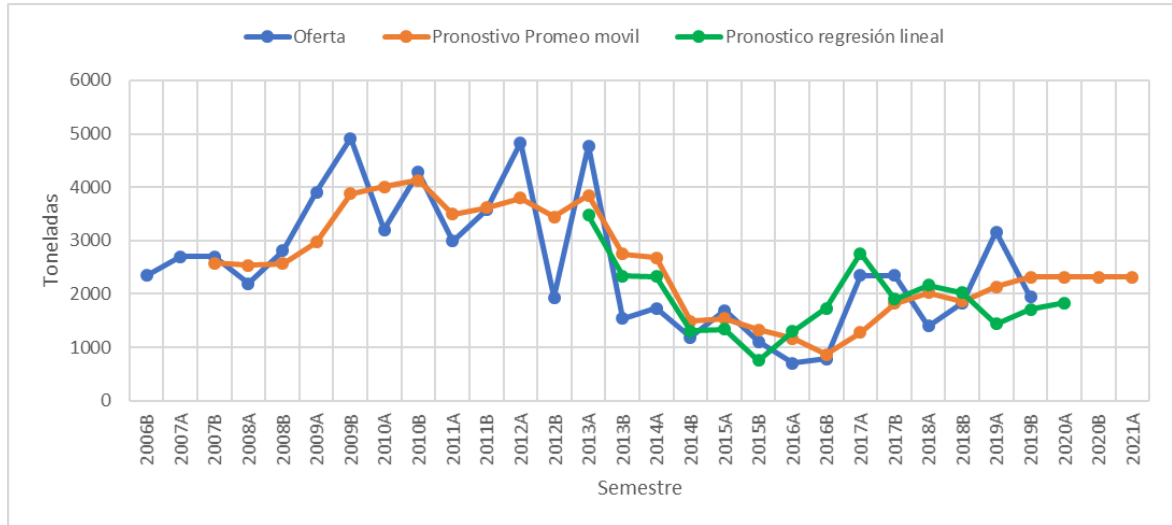
En la Tabla 10 se consolidan los resultados de la desviación media absoluta y suma constante del error los cuales son los factores decisores para determinar el modelo que mejor se ajusta al comportamiento y distribución de los datos de oferta de productos agrícolas. Note se los valores resaltados en amarillo que corresponden al mejor resultado de estos indicadores en comparación con los otros métodos. Sin embargo, en algunos casos hay más de un método con buen resultado, como el caso que se ilustra en el Gráfico 32, donde el promedio móvil y la regresión lineal múltiple son buenos predictores del oferta de la papa, para estos casos se tomó el método con menores límites de control. Para observar los resultados de cada método ver el anexo C.

Tabla 10 Cuadro Comparativo

Producto	Modelo	Prom móvil	Suavi Expone	Método de Holt	Método de Winter	Fact estaciona	Reg Lineal	Reg lineal múltiple	Mejor resultado
Arveja	D.M.A	61	75	83	85	89	75	58	Prom móvil
	S.C.E.P	38	-48	-1	463	917	0	20	
Cebolla	D.M.A	86	89	112	139	167	112	107	Prom móvil
	S.C.E.P	-484	-169	37	323	-1498	3	-1	
Frijol	D.M.A	116	122	129	151	519	147	113	Reg Lin Múltiple
	S.C.E.P	998	947	990	1278	3635	23	28	
Maíz	D.M.A	392	660	672	602	436	414	299	Reg Lin Múltiple
	S.C.E.P	160	446	268	1001	2030	0	-2	
Papa	D.M.A	587	974	989	7225	1257	698	630	Reg Lin Múltiple
	S.C.E.P	229	1338	69	33573	10217	-3	3	
Zanaho	D.M.A	452	570	532	552	1486	782	602	Prom móvil
	S.C.E.P	-189	-540	-1327	1678	-12057	3	-7	

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 32 Comparación de pronóstico de la papa. Promedio móvil vs Reg Lin Mul



Fuente: Elaboración propia

7.4 PROPUESTA DE MODELO

Al comparar los datos de la *Tabla 8* es evidente que el mejor modelo que se ajustó a la oferta es el promedio móvil. Por otro lado, la regresión lineal múltiple también arrojo buenos resultados en la mitad de los productos, a saber: frijol, maíz y papa, los cuales tienen un valor de $R > 0,65$. En el caso de la arveja, cebolla y zanahoria se evidencia buenos pronósticos con el método de promedio móvil teniendo en cuenta que el error de los últimos cuatro semestres es mínimo.

Por tanto, se sugiere agrupar los seis productos agrícolas así:

Tabla 11 Segmentación de productos según método de pronóstico

Promedio Móvil	Regresión lineal múltiple
Arveja	Frijol
Zanahoria	Maíz
Cebolla	Papa

Fuente: Elaboración propia

Para el pronóstico de la cebolla, zanahoria y arveja se propone utilizar una serie de tiempo ya que al analizar los resultados de la regresión lineal múltiple se encontró un valor de $R < 0,3$ para los productos mencionados por tanto no existe una relación entre variables y como consecuencia se descarta este modelo para el pronóstico. Las ecuaciones para el pronóstico de los productos del primer grupo y los restantes se describen en las dos siguientes secciones.

7.4.1 Modelo para el frijol, maíz y papa

La *Tabla 12* muestra las ecuaciones que describen el pronóstico de oferta para cada producto en un determinado periodo. Están compuestas por dos variables independientes que se describen a continuación.

Tabla 12 Ecuaciones de pronostico

Producto	Ecuación
Frijol	$Y = -0,06x + 7,05z - 18,06$
Maíz	$Y = -0,62x + 19,73z - 119,16$
Papa	$Y = -0,02x - 0,65z - 357,08$

Fuente: Elaboración propia

Donde el termino Y es la variable dependiente que representa el pronóstico de oferta de frijol, maíz o papa según corresponda en toneladas. X es una de las variables independientes que representa el precio de venta del producto (frijol, maíz o papa) en el periodo a pronosticar, este valor se tomará del promedio de precios del frijol de los últimos seis meses del anexo B, o de los registros del DANE del producto que corresponda y está dado en pesos por kilogramo. Z es otra variable independiente que representa las precipitaciones de lluvia en el periodo a pronosticar y está dado en milímetros de agua o litros por metro cuadrado, este valor es el mismo para los tres productos y se toma de las predicciones del IDEAM del periodo a pronosticar.

Las constantes de la ecuación de pronóstico del frijol se obtuvieron a partir del resultado arrojado por el SPSS, anexo D. Así pues, el valor -0,06 significa que hay que restar un seis por ciento del precio para obtener el resultado final, mientras que el coeficiente 7,05 de la variable z muestra una mayor participación de las precipitaciones, y por último tenemos una constante independiente de -18,06 que ajusta al resultado de las otras dos variables.

Los coeficientes de las ecuaciones del maíz y papa se obtuvieron análogamente a las del frijol.

7.4.2 Modelo para la cebolla, zanahoria y arveja

Para el caso de la arveja, zanahoria y cebolla su pronóstico se calcula con la ecuación $F_t = \frac{1}{3}(D_{t-1} + D_{t-2} + D_{t-3})$, donde se D_i representa las toneladas ofertadas de los tres últimos periodos conocidos del producto a pronosticar. Estos valores se pueden tomar del anexo A o de los registros del DANE, y es estrictamente los tres últimos ya que el análisis de los resultados de la sección 7.3 muestran que estos productos tienen cambios repentinos en la oferta de un periodo a otro, y los mejores indicadores se obtuvieron con los tres valores más recientes.

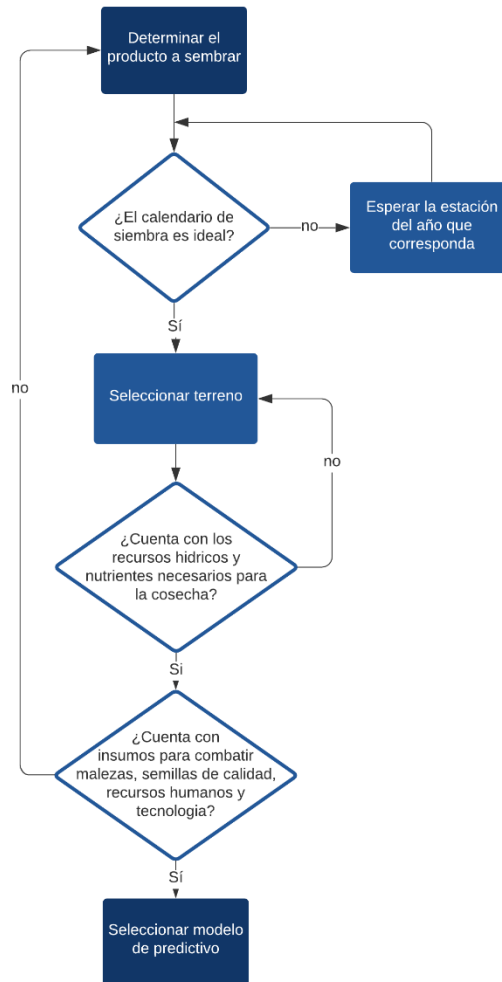
7.4.3 Reconocimiento del entorno

Antes pronosticar la oferta con alguno de los modelos propuestos se debe hacer un análisis de las variables cualitativas encontradas en la sección 7.2 para determinar la viabilidad de la siembra y garantizar grandes rendimientos en la producción, por tanto, se sugiere seguir los siguientes pasos:

- ❖ Determinar el producto a sembrar.
- ❖ Considerar el tiempo del ciclo de producción y si este puede verse afectado por heladas de enero y febrero.
- ❖ Seleccionar el terreno acorde al producto a sembrar teniendo en cuenta la cosecha anterior, nutrientes necesarios y disponibilidad de recurso hídrico según la necesidad del producto seleccionado.
- ❖ Considerar la presencia de plagas y enfermedades en el terreno seleccionado. Si las hay, entonces determinar si hay la disponibilidad de recursos para contener las malezas.
- ❖ Disponibilidad de semillas de calidad.
- ❖ Disponibilidad de recursos humanos
- ❖ Disponibilidad de tecnología necesaria para desarrollar las labores.

Esta metodología se ilustra gráficamente en la siguiente figura:

Figura 14 Diagrama de análisis de variables cualitativas



Fuente: Elaboración propia

7.4.4 Análisis de supuestos

Después de encontrar el modelo que mejor describe el comportamiento de la oferta agrícola, vale la pena analizar distintos escenarios que tomaría el pronóstico de la oferta cuando cambian los parámetros de las distintas variables independientes, en este sentido se establecieron cuatro panoramas que se describen a continuación.

7.4.4.1 Aumento del precio y las precipitaciones

Como primer escenario se planteó un aumento del 30% tanto en los precios como en las precipitaciones obteniendo las ecuaciones que se muestran en la Tabla 13, donde se evidencia un cambio los coeficientes en todas las ecuaciones, pero lo más relevante es que el descontrol tanto en la desviación media absoluta como en la

señal de rastreo, además del aumento de la suma constante del error de pronóstico.

Tabla 13 Resumen Escenario 1

Producto	Ecuación	D.M.A	S.C.E.P	S.T
Arveja	$Y = -0,024x - 0,65z + 357$	80	429	Descontrolada
Cebolla	$Y = -0,045x - 1,75z + 562$	118	-798	Descontrolada
Frijol	$Y = -0,006x + 1,79z + 451$	405	4460	Descontrolada
Maíz	$Y = 0,46x + 18,43z - 1350$	485	2812	Descontrolada
Papa	$Y = 0,67x - 0,89z + 2644$	1712	20516	Descontrolada
Zanahoria	$Y = -1,03x - 1,69z + 4726$	1126	5058	Descontrolada

Fuente: Elaboración propia

7.4.4.2 Aumento del precio y disminución de las precipitaciones

La segunda situación planteada consiste en aumentar en un 30% los precios y disminuir el mismo porcentaje las precipitaciones de lluvia, en esta caso se mantiene los coeficientes de la variable precio y la constante mientras que cambian los de la variable precipitaciones, el resumen se presenta en la Tabla 14, y al igual que en primer escenario los resultados muestran un aumento en los valores finales de la desviación y suma constante, la señal de rastreo queda fuera de control.

Tabla 14 Resumen Escenario 2

Producto	Ecuación	D.M.A	S.C.E.P	S.T
Arveja	$Y = -0,024x - 1,22z + 357$	80	430	Descontrolada
Cebolla	$Y = -0,045x - 3,26z + 563$	118	-800	Descontrolada
Frijol	$Y = -0,006x + 3,28z + 453$	405	4457	Descontrolada
Maíz	$Y = 0,46x + 34,17z - 1350$	483	2774	Descontrolada
Papa	$Y = 0,67x - 1,7z + 2646$	1712	20513	Descontrolada
Zanahoria	$Y = -1,03x - 3,16z + 4727$	1126	5058	Descontrolada

Fuente: Elaboración propia

7.4.4.3 Disminución del precio y aumento de las precipitaciones

La tercera circunstancia consiste en el inverso del caso anterior, es decir, disminución de los precios y aumento en las precipitaciones en un 30%. El resumen de los resultados se ilustra en la Tabla 15, de lo cual se puede concluir que el pronóstico tiene un error considerable.

Tabla 15 Resumen Escenario 3

Producto	Ecuación	D.M.A	S.C.E.P	S.T
Arveja	$Y = -0,04x - 0,659z + 357,03$	80	576	Descontrolada

Cebolla	$Y = -0,083x - 1,75z + 563,18$	118	-790	Descontrolada
Frijol	$Y = -0,012x + 1,79z + 451$	402	4425	Descontrolada
Maíz	$Y = 0,86x + 18,43z - 1350$	487	2876	Descontrolada
Papa	$Y = 1,25x - 0,89z + 2642$	1714	20539	Descontrolada
Zanahoria	$Y = -1,9x - 1,68z + 4723$	1126	5191	Descontrolada

Fuente: Elaboración propia

7.4.4.4 Disminución del precio y las precipitaciones

En el último panorama se consideró disminuir las dos variables en el mismo porcentaje, pero los resultados son inaceptables al igual que en los anteriores escenarios. De todo esto se puede concluir que la naturaleza de relación entre variables es correspondiente, esto es, que si una cambia las demás se modifican de acuerdo a un patrón, por ello al aumentar o disminuir una de ellas esporádicamente el pronóstico cambia negativamente aumentando su error.

Tabla 16 Resumen Escenario 4

Producto	Ecuación	D.M.A	S.C.E.P	S.T
Arveja	$Y = -0,04x - 1,22z + 356,94$	80	448	Descontrolada
Cebolla	$Y = -0,083x - 3,26z + 563,44$	118	-791	Descontrolada
Frijol	$Y = -0,012x + 3,28z + 453$	402	4421	Descontrolada
Maíz	$Y = 0,86x + 34,17z - 1350$	486	2838	Descontrolada
Papa	$Y = 1,25x - 1,7z + 2644$	1713	20536	Descontrolada
Zanahoria	$Y = -1,9x - 3,14z + 4725$	1126	5205	Descontrolada

Fuente: Elaboración propia

Los resultados completos, así como las respectivas graficas de los escenarios planteados de cada producto se muestran en el anexo C.

8 CONCLUSIONES

Los resultados encontrados permiten establecer que el rendimiento de la producción agrícola en el municipio de Simijaca se ve afectado principalmente por el clima, plagas y enfermedades las cuales pueden ser contrarrestadas por la selección de terreno idóneo para la cosecha según el producto y cuidados fitosanitarios. También que la calidad del producto y costos de producción dependen del acceso a tecnología y la calidad de semillas utilizadas.

Por otro lado, se concluye que los datos de oferta de los productos agrícolas no siguen patrones de tendencia o estacionalidad y se distribuyen más horizontalmente, por lo cual se establece el promedio móvil como uno de los modelos propuestos para tres de los seis productos a pronosticar.

Adicionalmente la evaluación de los diferentes métodos de pronóstico permite concluir que hay una relación fuerte entre las precipitaciones de lluvia y los precios de venta con la oferta, de ahí que se establecieron ecuaciones de regresión lineal múltiple para predecir la oferta de los productos restantes.

Todo lo anterior permite aceptar la hipótesis planteada, al corroborar que el clima, disponibilidad recursos y la planeación son causas directas de la variabilidad de la oferta de los productos agrícolas.

Finalmente, se infiere que se puede predecir la oferta de los productos agrícolas del municipio mediante el uso de los modelos propuestos, los cuales permiten reducir la incertidumbre de toma decisiones concernientes a la producción con lo cual se minimiza los riesgos de pérdida de la inversión.

El resultado de este proyecto permite establecer las primeras bases teóricas para la solución de distintas problemáticas que tienen los pequeños agricultores y campesinos del municipio de Simijaca, en esta medida contar con métodos de pronóstico de oferta para sus cosechas les permite tomar mejores decisiones que disminuyan la incertidumbre de inversión e impactar positivamente en los agricultores y comunidad en general.

9 RECOMENDACIONES

Para el uso de los modelos se sugiere tener en claro lo que se va a pronosticar, las dimensiones y unidades de las distintas variables a fin de evitar errores, además de utilizar los valores oficiales como los proporcionados por el DANE o Agronet, adicionalmente estar a la vanguardia de los cambios que se presentan en el entorno económico y mercantil del país, así como las nuevas políticas que surjan a través del tiempo, en especial las que tienen que ver con TLC'S ya que esto podría influenciar significativamente el modelo propuesto.

En cuanto a investigaciones futuras se aconseja utilizar otras bases de datos distintas a las proporcionadas por el DANE para comparar estas y determinar el grado de error en los datos que contengan, ya que en los registros del DANE se detectó datos atípicos por los que podría haber una desviación de estos con respecto a la información real. Agregado a lo anterior, se recomienda que las bases de datos sean más grandes pues la de este proyecto limitó el estudio y no permitió evaluar otras metodologías de pronóstico como la de Box-Jenkins al no contener los datos necesarios para tal fin. En tal caso se sugiere hacer una limpieza de los datos con algún software antes de iniciar su estudio, y aplicar varias técnicas estadísticas para reafirmar una sola conclusión.

Por otro lado, para complementar este proyecto se sugiere abordar investigaciones que planteen hipótesis sobre la posible correlación entre la demanda y la oferta de productos agrícolas, del mismo modo, establecer si hay influencia o causalidad de la oferta del agro nacional sobre la municipal. Y por último se recomienda abordar la problemática del proyecto utilizando otros métodos distintos a los de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agronet. (2018). Costos de producción. (). Retrieved from https://www.agronet.gov.co/Lists/Boletin/Attachments/2535/TERCER%20INFORME%20COSTOS%20DE%20PRODUCCION%20MADR_V4.pdf
- Agronet. (2020). Anuario estadístico del sector agropecuario - EVA. Retrieved from <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=59>
- Arias, M., Bocarejo, D., & Ibañes, A. (2011). *Cuando el crecimiento viene de afuera: Dinámicas territoriales en susa y simijaca*. (). Retrieved from <http://www.rimisp.org/wp-content/uploads/2012/05/N68-2011-Arias-Bocarejo-Ibanez-Jaramillo-Fernandez-Kisner-Dinamicas-territoriales-Susa-Simijaca.pdf>
- Banco de la república. (2012). Colombia: Manual comercial e industrial. Retrieved from https://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/lbr_manual_comercial_0.pdf
- Beneficios de consumir arvejas. (2017). Retrieved from <https://www.mundorural.com.ar/nota/1477/beneficios-de-consumir-arvejas>
- Condiza, A. (1998). *Programa nacional de transferencia de tecnología agropecuaria pronatta*. (). Retrieved from http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4741/1/2006112714514_2_Definicion%20de%20agricultura%20sostenible%5b1%5d.pdf
- DANE. (2015). Censo nacional agropecuario., 3. Retrieved from <https://www.dane.gov.co/files/CensoAgropecuario/entrega-definitiva/Boletin-6-Infraestructura/6-Boletin.pdf>
- DANE. (2016). *El cultivo de la cebolla cabezona frente a condiciones de alta humedad*. (). Retrieved from https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_jul_2016.pdf
- DANE. (2019). *Perfil CNPV simijaca*. (). Retrieved from <https://sitios.dane.gov.co/cnpv/app/views/informacion/perfiles/25745.pdf>
- DANE. (2020). *Medida de pobreza multidimensional municipal- CNPV*. (). Retrieved from <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y->

condiciones-de-vida/pobreza-y-desigualdad/medida-de-pobreza-multidimensional-de-fuente-censal

Efrain Guerrero Sanchez, Angel Andres Rojas Peña, María Yolanda Torres, & Nubia Alexandra Bourdon Rojas. (2014). Plan prospectivo para el desarrollo agrario en las regiones colombianas a partir del posconflicto al año 2025. *El Ágora USB*, 2014(2), 397-417. Retrieved from <https://doaj.org/article/bea031502c394609a2f504684085a822>

FAO. (2018). Colombia en una mirada. Retrieved from <https://www.fao.org/colombia/fao-en-colombia/colombia-en-una-mirada/es/>

Fedepapa. Sector papero se prepara para aumentar el consumo de papa en colombia. Retrieved from <https://www.finagro.com.co/noticias/sector-papero-se-prepara-para-aumentar-el-consumo-de-papa-en-colombia>

Guzmán, C. (2016). Simijaca, remembranza, historia y tradición oral. Retrieved from <https://es.calameo.com/read/00502667469937d02af69>

Hernández, A. (2014). *Economía*. Distrito Federal: Editorial Digital UNID. Retrieved from <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliotecaustasp/detail.action?docID=5307909>

Hickling, D. (2003). Guía de la arveja canadiense para la industria forrajera.3, 5-12. Retrieved from http://cigi.ca/wp-content/uploads/2011/12/Pea_guide_spanish.pdf

Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2008). *Administración de operaciones, procesos y cadenas de valor* (Octava ed.). Mexico: Pearson.

Lopez, B. (2018). Pronóstico de la demanda. Retrieved from <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/pronostico-de-la-demanda/que-es-el-pronostico-de-la-demanda/>

Marmolejo, I. (2009). *Un primer paso a la simulación con FlexSim*

Ministerio de agricultura y desarrollo rural. (2011). Plan "país maíz". Retrieved from https://www.fenalce.org/archivos/Plan_P_M.pdf

Municipal, A. (2018a). *Caracterización de usuarios municipio de simijaca, cundinamarca*. (). Retrieved from <http://www.simijaca->

cundinamarca.gov.co/Ciudadanos/Caracterizacionusuarios/Caracterizacion%20de%20usuarios.pdf

Municipal, A. (2018b). Economía. Retrieved from <http://www.simijacacundinamarca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Economia.aspx>

Musshoff, O., & Hirschauer, N. (2008). Improved program planning generates large benefits in high risk crop farming.

Nahamias, S. (2017). Análisis de la producción y las operaciones. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliotecaustasp/reader.action?docID=3218094&query=AN%C3%81LISIS+DE+PRODUCCI%C3%93N+Y+OPERACIONES>

Ospina, J. (2013). Presentación examen final. Retrieved from https://www.google.com/search?q=frijol+cargamanto+en+cascara&tbm=isch&ved=2ahUKEwi9jLHtsLLoAhXJbFkKHdw4B0sQ2-cCegQIABAA&oq=frijol+cargamanto+en+cascara&gs_l=img.3...32728.35600..35721...0.0..1.700.2358.0j5j4-2j0j1.....0....1..gws-wiz-img.....0j0i30j0i5i30j0i24.0MfOl262pxs&ei=BZt5Xv31DMnZ5QLc8ZzYBA&rlz=1C1EJFA_enCO798CO798#imgcr=0qZH_oJNroPIIM

Sergio Arboleda, U. (2019). *Segundo informe de costos de producción* . (). Retrieved from https://www.agronet.gov.co/Lists/Boletin/Attachments/2535/TERCER%20INFORME%20COSTOS%20DE%20PRODUCCION%20MADR_V4.pdf

SIC. (2010). Cadena productiva del maíz., 4. Retrieved from http://www.fenalce.org/nueva/plantillas/arch_down_load/CadenaMaizSIC.pdf

Sipper, D., & Bulfin, R. (1998). *Plantación y control de la producción* (1st ed.)

SKARZYŃSKA, A. (2015). Factors determining profitability of production of selected agricultural products by 2020.

Thi Hong, H. M. Granja de cebolla en duc trong, vietnam. Retrieved from https://es.123rf.com/photo_69917330_granja-de-cebolla-en-duc-trong-vietnam-bulbo-de-las-cebollas-listo-para-cosechar-para-la-estaci%C3%B3n-de-pr.html

Vahos, M. (2019). Papa capira. Retrieved from <https://www.bluradio.com/economia/precio-de-papa-en-antioquia-subio-tras-protesta-indigena-en-el-cauca-antq-209169-ie1994153>

Vidal, C. (2017). *Fundamentos y control de inventarios*