

**DISEÑO DE UN MODELO PREDICTIVO DE LA OFERTA DE AGUACATE HASS  
EN EL MUNICIPIO DE HERVEO TOLIMA.**

**JUAN DAVID GARZÓN CAMERO**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS DE AQUINO  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
BOGOTÁ D.C.  
2020**

**DISEÑO DE UN MODELO PREDICTIVO DE LA OFERTA DE AGUACATE EN EL  
MUNICIPIO DE HERVEO TOLIMA.**

**JUAN DAVID GARZÓN CAMERO**

**Opción de Grado  
Proyecto de investigación**

**GERARDO AVENDAÑO PRIETO  
Ingeniero Industrial**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS DE AQUINO  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
BOGOTÁ D.C.**



<b>6.4. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS.....</b>	<b>33</b>
<b>7.1.1 Cronograma.....</b>	<b>36</b>
<b>7.1.4.2 Producción a Nivel de Exportación .....</b>	<b>40</b>
<b>7.1.4.3 Producción y Rendimiento Nacional .....</b>	<b>41</b>
<b>7.1.4.4 Producción y Rendimiento Nacional por Departamentos .....</b>	<b>42</b>
<b>7.1.4.5 Producción Municipal.....</b>	<b>44</b>
<b>7.1.4.6 Precio del Aguacate .....</b>	<b>47</b>
<b>7.1.4.7 Análisis estadístico.....</b>	<b>49</b>
<b>7.2 ANÁLISIS DE VARIABLES IDENTIFICAS .....</b>	<b>53</b>
<b>7.2.1 Variables de Rendimiento.....</b>	<b>54</b>
<b>7.2.2 Variable de Oferta .....</b>	<b>54</b>
<b>7.3 EVALUACIÓN DE MODELOS.....</b>	<b>54</b>
<b>7.3.1 Modelos causales .....</b>	<b>54</b>
<b>7.3.2 Regresión lineal Múltiple.....</b>	<b>54</b>
<b>7.3.3 Modelos de series de tiempo:.....</b>	<b>56</b>
<b>7.3.3.1 Método de los Promedios: .....</b>	<b>56</b>
<b>7.3.3.2 Suavizamiento Exponencial Simple: .....</b>	<b>58</b>
<b>7.4 PROPUESTA DE MODELO .....</b>	<b>60</b>
<b>8. CONCLUSIONES.....</b>	<b>63</b>
<b>9. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>66</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>67</b>

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b>	<b>Clasificación de los Modelos de Pronóstico según su tipo por Izar, (2007)</b> .....	23
<b>Gráfico 2</b>	<b>Conjuntos de datos con la misma media, varianza, correlación y recta de regresión ..</b>	25
<b>Gráfico 3</b>	<b>Área cosechada y producción de aguacate en Colombia hasta el 2019</b> .....	41
<b>Gráfico 4</b>	<b>Rendimiento cultivo de aguacate en Colombia hasta el 2019</b> .....	42
<b>Gráfico 5</b>	<b>Área, Producción y Rendimiento Departamental año 2019</b> .....	42
<b>Gráfico 6</b>	<b>Producción de aguacate por año</b> .....	44
<b>Gráfico 7</b>	<b>Producción VS Rendimiento Proyectado</b> .....	45
<b>Gráfico 8</b>	<b>Áreas Sembrada y Áreas Cosechada</b> .....	46
<b>Gráfico 9</b>	<b>Área Cosechada Vs Área Sembrada Proyectado</b> .....	47
<b>Gráfico 10</b>	<b>Precio por kilogramo de aguacate anual</b> .....	47
<b>Gráfico 11</b>	<b>Precio Histórico y Proyectado \$/KG</b> .....	48
<b>Gráfico 12</b>	<b>Modelo de regresión lineal múltiple se utilizaron las variables producción y área cosechada</b> .....	55
<b>Gráfico 13</b>	<b>Modelo de regresión lineal múltiple - Residuales</b> .....	56
<b>Gráfico 14</b>	<b>Modelo por promedios a 2 años</b> .....	56
<b>Gráfico 15</b>	<b>Modelo por promedios a 3 años</b> .....	57
<b>Gráfico 16</b>	<b>Modelo por promedios a 5 años</b> .....	58
<b>Gráfico 17</b>	<b>Modelo Suavización Exponencial</b> .....	59

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1. Área, Producción y Rendimiento Departamental .....</b>	<b>19</b>
<b>Tabla 2 Requerimientos para el cultivo de aguacate .....</b>	<b>38</b>
<b>Tabla 3 Área cosechada a nivel mundial 2018 .....</b>	<b>40</b>
<b>Tabla 4 Producción a nivel mundial 2018.....</b>	<b>40</b>
<b>Tabla 5 Principales destinos de exportación .....</b>	<b>40</b>
<b>Tabla 6 Datos Históricos y Proyectos de Aguacate Hass en el Municipio de Herveo .....</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 7 Producción – Precio.....</b>	<b>50</b>
<b>Tabla 8 Producción – Rendimiento.....</b>	<b>51</b>
<b>Tabla 9 Producción – Área Sembrada.....</b>	<b>51</b>
<b>Tabla 10 Producción – Área Cosechada.....</b>	<b>52</b>
<b>Tabla 11. METODO DE PROMEDIO MÓVIL A DOS, TRES Y CINCO AÑOS.....</b>	<b>57</b>
<b>Tabla 12. Método De Suavización Exponencial Simple.....</b>	<b>59</b>
<b>Tabla 13 Variables para elaborar un pronóstico predictivo de series de tiempo del Aguate Municipio de Herveo Tolima.....</b>	<b>62</b>

## LISTA DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1 Aguacate</b> .....	37
<b>Ilustración 2 Aguacate Hass</b> .....	39
<b>Ilustración 3 División por regiones productoras</b> .....	43
<b>Ilustración 5 Modelo de Pronóstico Predictivo del Aguacate Municipio de Herveo Tolima</b> .....	61

## RESUMEN

El proyecto de investigación tiene como propósito el diseño de un modelo predictivo para reconocer las variables que afectan la producción del sector agrícola en relación al tipo aguacate Hass cultivado en el municipio de Herveo, Departamento del Tolima, para que los agricultores de esta zona accedan a esta información, facilitando la toma de decisiones y que estas sean más ajustada, pero sobre todo teniendo en cuenta los pronósticos proyectados en el periodo de tiempo definido, contribuyendo de esta forma a disminuir y reducir el riesgo en la producción del cultivo de aguacate de éste tipo determinado.

Para alcanzar el objetivo propuesto, se identificaron y analizaron las variables con datos históricos recolectados de diversas fuentes como la producción, rendimiento área de cosecha y de producción del aguacate tipo Hass a nivel nacional, departamental y municipal, determinando la correlación de estas con respecto a la producción, oferta y demanda del aguacate, que permita establecer el nivel de oferta del éste en el municipio de Herveo, basado en un horizonte de proyección a mediano plazo.

Después, se hizo una evaluación de varios modelos de pronóstico estudiados en el marco teórico con los datos históricos en relación al municipio de Herveo, como la regresión lineal múltiple, el modelo de series de tiempo, el modelo de promedio móvil y el modelo de Suavizamiento Exponencial Simple donde se evaluaron las variables producción y área cosechada, el pronóstico del crecimiento de la producción de aguacate.

A partir de los resultados encontrados se estableció que se puede hacer a través del modelo de pronóstico de series de tiempo una predicción de oferta del cultivo de aguacate, específicamente el tipo Hass. Además, concluir que la producción de aguacate Hass en el periodo de tiempo analizados presenta un comportamiento lineal, aunque la producción pronosticada es menor a la registrada realmente.

**Palabras clave:** pronóstico, predicción, oferta, producción, área de cosecha, áreas de siembra.

## **ABSTRACT**

The research project aims to design a predictive model to recognize the variables that affect the production of the agricultural sector in relation to the hass avocado type grown in the municipality of Herveo, Department of Tolima, so that farmers in this area access this information, facilitating decision-making and making them more adjusted, but above all taking into account the forecasts projected over the defined time period, thus contributing to reducing and reducing the risk in the production of avocado cultivation of this particular type.

To achieve the proposed objective, the variables were identified and analyzed with historical data collected from various sources such as the production, yield area of harvesting and production of Hass type avocado at the national, departmental and municipal level, determining their correlation with the production, supply and demand of the avocado, which allows to establish the level of supply of the avocado in the municipality of Herveo, based on a medium-term projection horizon.

Afterwards, an evaluation of several forecast models studied in the theoretical framework was made with historical data in relation to the municipality of Herveo, such as multiple linear regression, the time series model, the moving average model and the Simple Exponential Smoothing model where the production and harvested area variables were evaluated, the forecast of the growth of avocado production.

From the results found it was established that you can make through the time series forecast model a prediction of avocado crop supply, specifically the Hass type. In addition, concluding that the production of Hass avocado over the period of time analyzed has linear behavior, although the predicted production is less than actually recorded.

**Keywords:** forecast, prediction, supply, production, harvest area, planting areas.

## **LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Mejoramiento de procesos

## INTRODUCCIÓN

Herveo, municipio que se encuentra ubicado en la provincia de los nevados del norte del Tolima en el cual se respira y se vive por el agro y por eso es de vital importancia enfocarse muy de cerca en lo que se encuentre asociado con la agricultura ya que debido a su perfecto clima para la siembra y producción de diferentes productos agrícolas o a su producción pecuaria que va, desde la comercialización de carne y leche de bovinos como hasta la de porcinos y avícola gracias a su buen entorno ambiental.

Reconocer las variables que afectan la producción del sector agrícola en el caso concreto de la presente investigación del aguacate Hass. Producto el cual viene presentando una acogida por la comunidad agricultora de la región. Se pretende identificar los puntos críticos para reducir pérdidas económicas y con esto viabilizar una rigurosa coordinación de siembra además de consolidar las variables que afectan la oferta.

Por esta razón se concluyó hacer una investigación para definir un pronóstico de la oferta para el mercado de estos productos (aguacate Hass) agrícolas en el cual se pretende definir cuáles son las variables que han estado afectando la producción y de esta forma reducir la incertidumbre de los agricultores frente a sus productos y poder minimizar posibles pérdidas y mejorar las condiciones de vida de estos agricultores en esta región.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las principales fuentes de ingresos del municipio de Herveo son los sistemas de producción pecuario (ganadería, porcinos y avicultores) y agrícola (aguacate, café, plátano) los cuales son la fuente más importante de empleo ya sea de manera formal como de manera informal. El municipio se encuentra en una gran desventaja frente a otros productores en cuestión de tecnología, dada su lejanía y vías en mal estado; son muy pocos los productores que cuentan con la tecnología para sus cultivos, pero si en cuanto a ganadería (lácteos) con sofisticados ordeñadores mecánicos.

La agricultura ocupa la mayor parte del suelo en esta región con alrededor de un 70% frente a un 30% de la producción pecuaria, lo cual se puede apreciar que se está utilizando la tierra de una forma óptima en cuanto a la principal fuente de ingresos de este municipio para realizar la mayor cantidad de cultivos de manera artesanal. Los principales productos que se cosechan son: aguacate, café, plátano, papa.

Desde hace unos años el cultivo de café ha venido disminuyendo en el municipio principalmente por la pérdida de producto ya sea por cuestiones climáticas o por cuestiones de insumos. Por ese motivo algunos agricultores decidieron comenzar a cambiar el café por aguacate debido a su gran demanda en el mercado y con esto se comenzó a sembrar una variedad de aguacate conocida como aguacate Hass. Pero los agricultores han tenido varios inconvenientes debido a los cambios de procesos que tienen que hacer, ya que con estos cambios se ha generado aprender nuevas técnicas para este tipo de producto.

El aguacate Hass por ser un producto incierto en cuanto a su rendimiento exige un poco más de cuidado debido al constante ataque de plagas, lo que hace necesario utilizar una variedad de insecticidas para combatirlos, sin dañar sus propiedades y sin afectar el ambiente, logrando mayor rendimiento en su producción y estándares de calidad que les permiten obtener un aval del ICA para poder su explotación. En algunos casos las plagas puedan afectar y disminuir el rendimiento de la producción y baja en la oferta del producto.

Por lo anterior se puede plantear la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo favorece a la producción de aguacate Hass en el municipio de Herveo Tolima la implementación de un modelo predictivo de la oferta?

## **2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

Basados en los problemas ya expuestos, los agricultores deben conseguir algún tipo de ventaja para poder identificar cuáles son sus fallas frente al momento de siembra de cultivos y qué problemáticas son las más determinantes que se presentan en el municipio de Herveo como las pérdidas en cultivos, y en su rendimiento, cuáles son los principales venenos (insecticidas) que se utilizan en este tipo de cultivos (Aguacate Hass).

Por otra parte, se plantea realizar una revisión de datos y estadísticas en el cual se defina cuáles son las fechas donde se encuentra la mayor oferta del producto y por otra parte generar una expectativa frente al estudio en cuanto a una visualización de sus ventas; por ejemplo: cómo reconocer si ya se tienen clientes fijos los cuales realicen ordenes periódicas y saber la cantidad de producto que se solicita para estar preparados en el momento preciso. Además, se debe tener una planificación parcial y un estimado teórico de la producción del terreno.

Teniendo en cuenta estos clientes fijos, los agricultores, planificando y aplicando estrategias de prevención de plagas, tiempos de cosecha, podrán sacar el mayor rendimiento posible a sus tierras. En la actualidad ya hay agricultores de aguacate Hass con productos de calidad de exportación. Para este tipo de productos de exportación deben tener el visto bueno o aprobación del ICA (Instituto Colombiano Agropecuario).

Por esta razón es necesario contar con la ayuda de herramientas metodológicas de pronóstico para poder verificar la viabilidad de los cultivos y definir cuáles serán las acciones que se deberán tomar a futuro para poder corregir los inconvenientes que se encontraron, de tal forma que se logre caracterizar la oferta y verificar la capacidad de producción, el rendimiento con el fin de reconocer cuales son las variables que afectan la producción agrícola en el municipio.

El fin de los pronósticos sería determinar la oferta en un periodo específico y con esto la capacidad que debe tener el agricultor para resguardar sus procesos productivos tanto de mano de obra e insumos requeridos para la siembra y producción del aguacate.

Debido a los grandes cambios del mercado, como el progreso de la tecnología, es necesario realizar un pronóstico con la mayor confiabilidad para poder analizar cuáles son las principales variables que afectan la producción y la oferta del producto.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un modelo predictivo de la oferta de aguacate Hass en el municipio de Herveo Tolima, para favorecer su producción y conocer su rendimiento.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Definir las variables que intervienen en la producción del aguacate Hass en el municipio de Herveo.
- Definir la correlación de las variables con respecto a la producción, oferta y demanda del aguacate Hass en el municipio de Herveo.
- Determinar el nivel de oferta del aguacate Hass en el municipio de Herveo en un horizonte de planeación a mediano plazo.

#### **4. ALCANCE O DELIMITACIÓN**

El presente documento tiene como alcance la recolección de información definida y medible para los productos agrícolas (aguacate Hass) del municipio de Herveo Tolima en el cual se pueda observar e interpretar los resultados para poder planificar la oferta que se obtendrá en el siguiente ciclo productivo y evaluar los resultados. Además, esta investigación pueda ser utilizado en otros municipios y/o departamentos que también deseen verificar que pasa con sus productos y cuál es el rendimiento de sus tierras frente a la demanda.

La delimitación para este proyecto debido a la pandemia generada por el COVID-19, hacer actividades de campo para la recolección de la información pertinente está suspendida por la universidad y por diferentes entes territoriales y es por eso se va a desarrollar única y exclusivamente con la información que se encuentre en los principales portales virtuales de la Alcaldía municipal de Herveo, Tolima, el Ministerio de agricultura, DANE, AGRONET. Alguna información se solicitará vía telefónica con algunos de los productores con el fin de necesitar datos para la investigación.

## **5. MARCO REFERENCIAL**

### **5.1. MARCO CONCEPTUAL**

#### **5.1.1. Agricultura**

La agricultura en su esencia es trabajar la tierra de manera que los procesos utilizados para obtener un producto no tengan ningún tipo de repercusión en la fertilidad del suelo y de esta manera seguir con un ciclo productivo, por esta razón es muy importante que se cuente con los cuidados necesarios al momento de realizar alguna transformación del suelo. Para el desarrollo de una buena agricultura es necesario contar con el conocimiento y la técnica para hacer la producción de dicho producto.

#### **5.1.2. Pronostico**

Para realizar un pronóstico se deben tener en cuentas diferentes variables como es el comportamiento o los antecedentes frente a lo que se planea realizar, y así lograr de esta manera resultados más acertado, cerca de la realidad y poder estar listos para cubrir una posible demanda del producto. No se debe incurrir en una sobreexplotación porque pueden generar gastos e inversiones que conlleven a un descalabro financiero. “Es necesario analizar por qué el área de servicio ha estado creciendo o disminuyendo en los años recientes y decidir si estas fuerzas podrían continuar o cambiar en el futuro.”<sup>1</sup>

#### **5.1.3. Predicción**

Se han desarrollado modelos predictivos para factores ambientales como las condiciones climáticas y la economía. El modelo económico estudia diversas variables de alto impacto e importancia que lograrían afectar las actividades económicas del agricultor; por lo tanto, la predicción del rendimiento involucra una variabilidad tanto del espacio como del tiempo teniendo en cuenta diversas escalas o proyecciones dependiendo principalmente las condiciones climáticas, las temperaturas y las precipitaciones; para éste caso se asociaran las variables de comportamiento del consumidor, el precio y la oferta en la producción del aguacate Hass en el municipio de Herveo y su rendimiento en un lapso aproximado de 5 años mínimo que permita hacer la predicción de la oferta en años venideros. Entonces, en un modelo de predicción puede realizarse múltiples combinaciones en las variables para de esta manera realizar una predicción más precisa y acertada. Por lo general, dependiendo del objetivo se determina el pronóstico que se va a utilizar.  
[1]

---

<sup>1</sup>LÓPEZ ORDUÑO, R. F. Pronóstico de carga ingeniería electromecánica. Buenos Aires, Argentina: El Cid Editor. 2007. p.

#### **5.1.4. Oferta y demanda**

La oferta y la demanda son el equilibrio que existe en el mercado para el consumidor. La demanda está determinada por el mercado, en el cual los clientes son los que solicitan cuanta es la cantidad de mercancía que buscan; pero a eso se lo debe tener en cuenta que el mercado necesita diferentes opciones de valor. La oferta es la cantidad de productos que existen, en el momento que haya una gran cantidad de productos en el mercado y poca demanda, los precios tienden a disminuir porque en el instante se encuentran muchos productos en el mercado real y se está supliendo la necesidad.

Para el Ministerio de agricultura y desarrollo rural, el mercado del aguacate se da durante todo el año, “sin embargo, por las condiciones agroecológicas y fisiológicas del cultivo el pico de cosecha se encuentra entre los meses de octubre y enero<sup>2</sup>. Es decir, los meses en que habrá una mayor oferta de éste.

#### **5.1.5. Pronósticos de la demanda**

Se basa en predecir la demanda futura mediante diferentes tipos de técnicas, para hacer algún tipo de estimación de un aumento o disminución de producción con base en los datos anteriores, dependiendo de la información que esté disponible a la mano para aplicar esta ciencia. Se pueden realizar en la forma que se desee, por meses, trimestres, semestres, entre otros. En los principales casos se utilizan para saber si cuentan con la capacidad instalada; pues, si la demanda es controlada es más fácil planear e intervenir “con el fin de poder usar con eficiencia el sistema productivo y entregar el producto a tiempo”<sup>3</sup>

#### **5.1.6. Cultivo**

En la agricultura, los cultivos son la actividad que permite sembrar en la tierra tallos, semillas, entre otras; para que estas crezcan y cumplan su ciclo de vida. En la actualidad se emplean diversas técnicas para que estos sean más productivos y más rentables.

##### **5.1.6.1. Cultivos semestrales**

Son cultivos en los cuales el ciclo del producto (siembra, germinación, producción) puede tener una duración entre cinco y seis meses, la mayoría de los productos agrícolas que cuentan con este ciclo de vida son los que tienen un menor riesgo

---

<sup>2</sup>MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Cadena de Aguacate, indicadores e instrumentos. Colombia 2018. p. 6.

<sup>3</sup> BARACALDO VELASCO, Yeimmy Yulieth. Propuesta de un modelo de planeación y control de la producción para la postcosecha de alstroemeria de la empresa c.i. Flores de funza s.a.s. Finca bosque. Bogotá D.C. 2019. p. 35.

frente al uso sustancias químicas que se utilizan para prevenir las plagas en los cultivos. Es por esto, que los cultivos de este tipo han tomado un gran aumento en el país; identificándose porque pueden “presentar bajos niveles de riesgo en el aspecto fitosanitario, circunstancia que da una gran ventaja al agricultor, así estos productos no muestren niveles de rendimiento altos en comparación con otros cultivos”<sup>4</sup>; pues, permite un ciclo económico para el agricultor que al ser asociado con el rendimiento de la producción al final, es positivo porque se puede cultivar sin tener mucho riesgo [2].

### **5.1.7. Plagas**

En el campo de la agricultura las plagas pueden ser plantas, animales o microorganismos que afecta o atacan la producción de un cultivo, tanta a sus tallos, como a sus hojas, semillas, flores; haciendo que este no alcance el rendimiento de producción esperado, debido a que las plagas causan desequilibrio al cultivo y pueden crecer sin control, ocasionando al final daños a la planta y finalmente económicos al rendimiento de la producción.

Unas de las plagas que atacan al aguacate son los insectos entre los cuales se encuentra el taladrador del tronco *Copturomimus perseae* Gunthe; éste ataca el tronco, ramas y brotes creando agujeros; diferente al taladrador de la semilla *Heilipus luari* Boh (Coleoptera: Curculionidae) *Heilipus pittieri* (Barber); el adulto agujerea la cáscara del fruto y las larvas, las semillas de éste. También, se encuentra el trip del aguacate *Heliothrips haemorrhoidalis* (Bouche) (Thysanoptera: Thripidae) que arremete en los frutos y en las hojas provocando que estas se engruesen y se agrieten.

Por otra parte, está la Arragre o abeja congo *Trigonasilvestrianun* Vach. (Himenoptera: Apidae) que debilita la hoja haciendo que una hoja nueva se incrusta a la otra, causan daño al follaje y a los frutos. Otra plaga, son los ácaros, mientras que las arañitas rojas *Oligonychus perseae* (Acarina: Tetranychidae), atacan las hojas produciendo manchas amarillentas las agallas *Eriophyes* sp. (Acarina: Eriophyidae) provocan formación de agallas sobre las hojas tiernas paralizando su desarrollo.[3]

### **5.1.8. Insecticidas**

En su esencia son utilizados para la exterminación de plagas, está compuesto por varias sustancias químicas las cuales matan el insecto o la plaga que se encuentren en los cultivos, los químicos utilizados no deben presentar ninguna afectación a los seres humanos (bajos niveles de toxicidad) ni al medio ambiente (suelo, aire); “los insecticidas se encuentran entre las herramientas agrícolas que están más asociadas con el daño ambiental. Su objetivo específico es matar plagas de insectos

---

<sup>4</sup>El Tiempo. Cultivos semestrales, alternativas del Clima Cálido. 2002. p. 1

y por consecuencia puede que tenga un impacto letal o subletal en organismos que no son su objetivo ...y reducir o contaminar productos alimenticios para los niveles tróficos superiores”<sup>5</sup>. Es este momento es importante iniciar el proceso de sostenibilidad de la agricultura, procurando no afectar el medio ambiente y disminuyendo el impacto negativo hacia éste.[4]

#### **5.1.9. Insecticidas sistemáticos**

Este es de los más efectivos al momento de ser roseado el cultivo, aunque en el instante no tengan plagas, ni insectos su efecto es incesante, ya que esta sustancia es absorbida por la planta y continua en movimiento por la savia (vasos conductores de las plantas).[5]. “El uso de insecticidas sistemáticos es una alternativa para el manejo de escarabajos descortezadores, los cuales pueden ser aplicados mediante inyecciones directamente al tronco, dentro del tejido xilemático; para de ahí ser translocados por el sistema fisiológico del árbol hacia toda la planta” (Rivas, 1995)<sup>6</sup>.

#### **5.1.10. Insecticidas orgánicos**

Más conocidos como los insecticidas sintéticos, debido a que antes de matar al insecto, primero genera un ataque al sistema nervioso operando por contacto. En su estructura química contiene gran cantidad de carbono. Su principal ayuda al agricultor es que no genera ningún tipo de daño en los nutrientes del suelo.[6]. Además, reducen la contaminación de medio ambiente y la afectación a la salud por el menor grado de toxicidad; aunque, es necesario manejarlas con el mismo cuidado de un insecticida químico.

#### **5.1.11. Área de sembrado**

El área de sembrado puede ser neta o bruta, la primera corresponde al terreno que se está sembrado y está en producción con uno o varios cultivos; por consiguiente, es el espacio delimitado por el agricultor en el cual se llevará a cabo el proceso de acondicionamiento para la siembra de un cultivo que puede darse hasta dos veces en el año, dependiendo también del producto que se desea obtener. Este espacio debe ser debidamente abonado o fertilizado para recuperar sus nutrientes y se alcance para continuar con el proceso productivo allí,[7] y la segunda, es el total del terreno; incluido la vivienda, zonas de almacenamiento y de amortiguación residuos de la cosecha, entre otras, los cuales son necesarios para que se dé el proceso de producción. Por su parte, “Colombia ocupa el tercer lugar en áreas sembradas a nivel mundial, registrando 54.000 hectáreas que representan el 6%. Ostenta el cuarto lugar en producción, logrando un 11% del total producido en todo el mundo,

---

<sup>5</sup>DEVINE, Grego, EZA Dominique, OGUSUKU Elena y Furlong Michael. Uso de Insecticidas: Contexto y consecuencias Ecológicas. Perú. 2008. p. 75

<sup>6</sup> GOCHEZ LÓPEZ Emmanuel, ARRIOLA PADILLA Víctor, PEREA-ALCALÁ Alfredo, RESÉNDIZ MARTÍNEZ José Francisco y CAMACHO Alejandro. Insecticidas sistémicos para el control de *Dendroctonus adjunctus* Blandford, 1897 en El Nevado de Toluca. México 2014. p. 51

con más de 540.000 toneladas”,<sup>7</sup> de aguacate, resaltó el ministro Valencia. Según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural “El cultivo de la variedad Hass de aguacate corresponde al 25% del total de área sembrada con aguacate en el país” durante el año 2019, estimando que “cerca del 68% del área sembrada de esta variedad en el país se encuentra en edad productiva y el restante en etapa de desarrollo, por lo tanto, se espera que la producción anual del fruto se incremente paulatinamente”<sup>8</sup>.

### 5.1.12. Producción

Corresponde al rendimiento del cultivo anual obtenido en el área cosechada. La producción agrícola integra diferentes componentes. El técnico ya sea para su sembrado o mantenimiento; el químico el cual ayuda a que los cultivos sean resistentes a diferentes tipos de plagas. Todo esto utilizado para proveer de alimentos a la humanidad.[8]. En la siguiente tabla se muestra que “a nivel regional, el departamento del Tolima se consolida a nivel nacional como el que registra actualmente la mayor área sembrada y producción de aguacate del país. No obstante, a nivel de rendimiento por hectárea el departamento líder es el Bolívar”.<sup>9</sup>

**Tabla 1. Área, Producción y Rendimiento Departamental**

Departamento	2015			2016			2017			2018			2019*		
	Área Sembrada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)	Área Sembrada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)	Área Sembrada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)	Área Sembrada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)	Área Sembrada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
1 Tolima	11.386	61.561	8	12.272	58.483	7	13.348	72.063	7	13.861	76.674	8	15.247	84.341	8
2 Antioquia	10.890	61.690	8	11.321	67.032	8	11.992	133.461	8	13.047	137.292	9	14.352	151.021	9
3 Caldas	8.447	33.372	9	8.710	42.575	9	9.821	81.447	10	10.958	88.734	10	12.054	97.607	10
4 Santander	6.259	19.918	8	6.708	21.771	8	5.572	24.732	7	6.245	27.099	8	6.870	29.809	8
5 Bolívar	3.561	24.135	8	2.652	20.996	10	2.972	26.744	11	2.992	27.444	11	3.291	30.188	11
6 Quindío	2.581	12.585	7	2.886	16.011	8	3.644	20.597	8	4.146	22.715	8	4.561	24.987	8
7 Cesar	2.463	18.205	7	2.875	14.770	6	2.818	13.241	6	3.341	14.119	7	3.675	15.531	7
8 Valle del Cauca	2.164	25.794	10	2.300	26.389	10	3.060	21.535	9	3.319	29.000	10	3.651	31.900	10
9 Otros	10.074	55.355	8	14.376	67.851	8	16.609	96.404	8	18.988	121.857	9	20.887	131.429	9
Total	57.826	312.615	8	64.100	335.877	8	69.837	490.226	9	76.897	544.933	10	84.587	596.814	10

Fuente: MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Cadena de Aguacate, indicadores e instrumentos. Colombia

### 5.1.13. El rendimiento

<sup>7</sup> VALENCIA PINZÓN Andrés. "Ya somos el cuarto productor de aguacate del mundo y tenemos todo para convertirnos en grandes exportadores": ministro de agricultura. {En línea}. {29 noviembre 2019} Disponible en: <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/Ya-somos-el-cuarto-productor-de-aguacate-del-mundo-y-tenemos-todo-para-convertirnos-en-grandes-exportadores-ministro-Valenc.aspx>

<sup>8</sup> MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Cadena de Aguacate, indicadores e instrumentos. Colombia 2019. p. 8.

<sup>9</sup> MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, op. cit, p.9

El rendimiento de los cultivos seleccionados obtenido en el área de análisis. Se calcula dividiendo la producción agrícola en el área cosechada. [9], en la tabla anterior, se muestra el rendimiento medio de acuerdo al total de toneladas producidas por hectárea sembrada; es decir, un rendimiento desde la perspectiva fisiológica, aunque, los agricultores en su mayoría miden el rendimiento desde el punto de vista económico, determinado cuánto dinero ganan eficientemente si se tecnifica el cultivo de aguacate.

#### **5.1.14. Descripción del municipio de estudio**

##### **5.1.14.1. Aspectos generales**

El municipio de Herveo que en sus inicios era llamado Soledad, por la gran abundancia de aves en sus grandes montañas; tiempo después gracias a la Asamblea del Departamento del Tolima mediante la ordenanza de 1936 cambió su nombre a como es conocida hoy, es originario de la gran mesa nevada, la cual está ubicada a unos 5.450 metros sobre nivel del mar. Herveo, está localizado en el norte del Tolima a 187 kilómetros de la ciudad de Ibagué, a 239 kilómetros de la ciudad de Bogotá por la vía de Honda y a 60 km de la ciudad de Manizales. Sus límites son por el norte: Manizales (Caldas), Occidente: Manizales (Caldas), Oriente: Fresno (Tolima), Sur: Casabianca (Tolima). La principal vía de acceso al municipio, es en la vereda Delgaditas, situada en la troncal entre Manizales y Fresno, desde allí son 17 kilómetros hasta llegar a Herveo, por esta ruta pueden ingresar los visitantes ya sea de Ibagué, Manizales o Bogotá.

##### **5.1.14.2. Principales actividades económicas**

La economía de Herveo proviene principalmente del uso de suelos. Está relacionada con el sector primario de la producción, con un 45% correspondiente al cultivo del café (de la economía ubicada en la zona cafetera del municipio) y un 65% repartido en cultivos de papa, frutas y zona pecuaria principalmente la ganadería.

El sector industrial se encuentra muy limitado debido a que, en diversas situaciones y sistemas jerárquicos, los sueldos devengados por los agricultores miembros de esta burocracia no pueden generar ningún tipo de valor agregado; además, por que las pequeñas empresas que intentan salir adelante a pesar de las limitaciones que se les presenten no logran tener un gran impacto en la economía, pero si en el ámbito social, gracias a la ayuda que pueden generar a los habitantes del municipio.

Tiene una alta dependencia de la agricultura principalmente en del sector caficultor que es uno de los primordiales cultivos tecnificados del municipio; aunque, allí se siembren cultivos rotatorios o permanentes tales como: plátano, aguacate, panela, maíz, papa, yuca y fruta. Han generado que el municipio base su economía principalmente en la agricultura sin tener en cuenta ningún otro plan en caso de pérdidas del cultivo.

### **5.1.14.3. Ecología de Herveo**

En el municipio de Herveo se presentas varias provincias climáticas:

- Climático páramo alto Superhúmedo (PASH): se encuentra a una altitud entre 3400 y 4459 metros sobre nivel del mar, con temperaturas entre 0° a 7° C. Corresponde al 22.89% de toda el área del municipio.
- Climático páramo bajo Superhúmedo (PBSH): se encuentra a una altitud entre 2700 y 3400 metros sobre nivel del mar, con temperaturas entre 7° a 12° C. Corresponde al 20.03% de toda el área del municipio.
- Climático páramo bajo húmedo (PBH): se encuentra a una altitud entre 2700 y 3000 metros sobre nivel del mar, con temperaturas entre 10° a 12° C. Corresponde al 1.3% de toda el área del municipio.
- Climático páramo frio Superhúmedo (FSH): se encuentra a una altitud entre 2000 y 2700 metros sobre nivel del mar, con temperaturas entre 12° a 14° C. Corresponde al 9.1% de toda el área del municipio.
- Climático páramo frio húmedo (FH): se encuentra a una altitud entre 2700 y 3000 metros sobre nivel del mar, con temperaturas entre 12° a 18° C. Corresponde al 38.5% de toda el área del municipio.
- Climática Templado húmedo (FH): se encuentra a una altitud entre 1550 y 2942 metros sobre nivel del mar, con temperaturas entre 18° a 20° C. Corresponde al 7.73% de toda el área del municipio. [10]

### **5.1.14.4. Agricultura de Herveo E Identificación de sus productos agrícolas**

La agricultura de este municipio es la mayor fuente de ingresos debido a sus tierras fértiles Herveo se da una variedad de productos agrícolas tales como: Café, Aguacate (entre ellos el aguacate Hass), Plátano, Yuca, Papa, Frijol, Caña Dulce, Tomate de árbol, Arracacha, Curubo y Maíz.

Algunos son productos fijos los cuales están en constantes producción durante lo corrido del año como el café y el aguacate, y otros están en producción semestral. El área rural del municipio se encuentra limitada entre dos territorios con un cambio de altitud muy impresionante los cuales tenemos la parte más baja que es el rio Azufrado que se encuentra entre los 80 metros sobre el nivel del mar hasta la gran altitud que puede presentar el volcán del nevado del Ruiz; es por esta la razón que se encuentran gran variedad de productos agrícolas en el municipio de Herveo eso

sin contar que también cuenta con sistemas de producción Pecuarias y de producción Forestal.

## **5.2. MARCO TEÓRICO**

### **5.2.1. Pronóstico de Producción**

Un pronóstico de producción “es una estimación del requerimiento de uno o varios productos para un período determinado. Pronosticar es un proceso que permite estimar un evento futuro analizando datos del pasado”<sup>10</sup>. Por su parte, Reid y Sanders (2010) consideran que los pronósticos “son una de las más importantes funciones de los negocios, puesto que las decisiones de las demás áreas están basadas sobre las predicciones del futuro. En este sentido decisiones tales como qué mercados perseguir, qué productos producir, cuánto inventario llevar y cuántas personas se necesita contratar requieren de un pronóstico”<sup>11</sup>; siendo una actividad importante para que los agricultores del municipio del Herveo Tolima, pueden determinar los indicadores en la cadena del cultivo de aguacate Hass y estandarizar el rendimiento de producción con la cadena a nivel nacional, además de plantear cuales podrán ser sus propias técnicas de pronóstico.

Es importante, tener en cuenta que, para hacer un buen pronóstico, es necesario mezclar las técnicas con los juicios personales. Estos juicios personales ya sean de expertos en el tema del producto que se está haciendo el pronóstico[11], ayudan en gran medida a la eficacia y eficiencia en la comercialización de un producto; es este caso el aguacate tipo Hass que se cultiva en el Municipio de Herveo Tolima, que permita conocer su oferta, pero sobre todo la demanda a nivel local, regional, nacional e internacional, para que la producción de éste obtenga un mayor rendimiento económico.

#### **5.2.1.1 El Horizonte del Pronóstico**

El horizonte del pronóstico, se entiende como la cantidad de ciclos o períodos que se dan entre la fecha actual y en la que realiza el pronóstico dependiendo de la repetición de observación de los datos seleccionados que pueden ser semanales, mensuales, bimensuales, trimestrales, semestrales, anuales, entre otros, considerados como etapas. Por lo tanto, “se habla de un pronóstico de h etapas a futuro, para el cual el horizonte h está a discreción del usuario. El horizonte tiene importancia al menos por dos razones. La primera, natural, el pronóstico cambia

---

<sup>10</sup>ZEISSIG DÁVILA, Jorge Alberto. Modelo De Pronóstico y Planificación de La Producción de la Línea De Alto Movimiento De Fábrica De Recubrimientos Superficiales. Guatemala 2010.p 10

<sup>11</sup>RUBIO GUERRERO German. Análisis multidimensional de los pronósticos organizacionales en las pymes industriales de Ibagué. Bogotá D.C. 2016. p. 18.

cuando cambia su horizonte. La segunda, el mejor modelo de pronóstico cambia, con frecuencia, también con el horizonte de pronóstico”.<sup>12</sup>

Para Cohen se pueden definir tres horizontes temporales:

- Pronóstico a largo plazo: Planificación de nuevos productos, localización de instalaciones;
- Pronóstico a mediano plazo: Planificación de las ventas, de la producción y presupuesto; y
- Pronóstico a corto plazo: Programación de trabajos, asignación de tareas.<sup>13</sup>

Los pronósticos a corto plazo tienen un lapso máximo de hasta un año y este determinado por semanas y meses, suelen ser empleados para proyectar las adquisiciones, planeación de la carga de almacén, programación de niveles de producción, envíos y la fuerza laboral; por su parte, los pronósticos a mediano plazo casi siempre su lapso oscila entre tres meses hasta un máximo de tres años. Por lo que son excelente para la planeación de producción, ventas, elaboración de presupuestos y en general el análisis de la operación de la empresa; por último, los pronósticos largo plazo se manipulan para proyectar nuevos productos, expansión y la investigación, su lapso es superior a tres años.

### **5.2.2. Tipos de Pronósticos**

Los modelos de pronósticos se clasifican en dos grupos o categorías: cualitativos y cuantitativos. Estos, “emplean varias metodologías en diferentes empresas o aún en una misma empresa en función del horizonte temporal, la urgencia en la toma de decisiones y la información disponible”.<sup>14</sup>, dependen del horizonte del pronóstico escogido o de la información que es necesario predecir.

En los pronósticos cuantitativos se manipulan una diversidad de modelos rigurosos y exactos donde se emplean datos que generalmente son variables, los cuales permiten hacer los pronósticos, tanto de la oferta como de la demanda. En relación a los pronósticos cualitativos, incorporan componentes más relacionadas a la persona como las experiencias, la percepción, las emociones y la intuición haciendo que estos sean menos confiables.

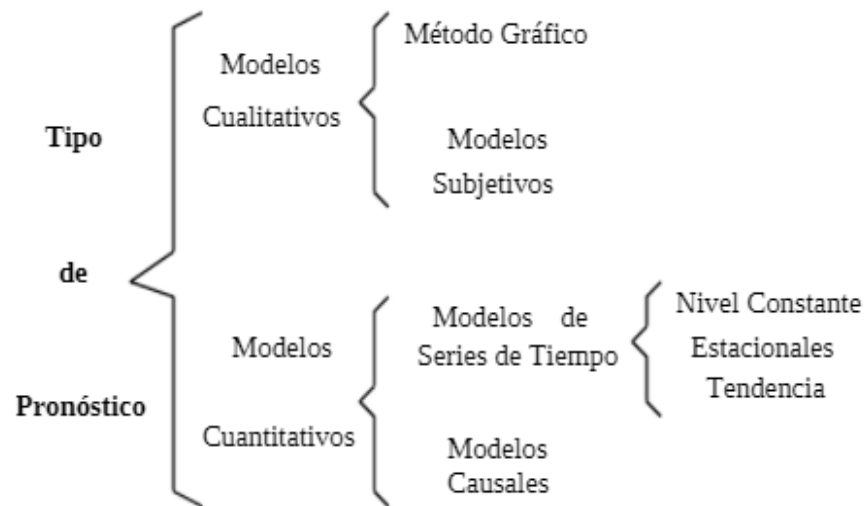
*Gráfico 1 Clasificación de los Modelos de Pronóstico según su tipo por Izar, (2007).*

---

<sup>12</sup> FRAUSTO ENRÍQUEZ, JORGE HUMBERTO. Pronósticos de Ventas para la Administración Estratégica de los Recursos en una Empresa del Sector Automotriz. Atizapán de Zaragoza, Edo. México, 2009. p. 26

<sup>13</sup> COHEN y Roger. Gestion-de-recursos-fi-uba-pronosticos-ing-roger-cohen.html. FI UBA. p. 2

<sup>14</sup> *Ibid.*, p. 3



Fuente: <https://www.researchgate.net/publication/303650974> *MODELOS DE PRONOSTICO*

### 5.2.2.1 Modelos Cualitativos

Los modelos cualitativos emplean juicios para hacer indagaciones a través de encuestas y entrevistas que le permiten obtener información que se convierten en datos para analizar y comparar generando una nueva, pero en forma cuantitativa.

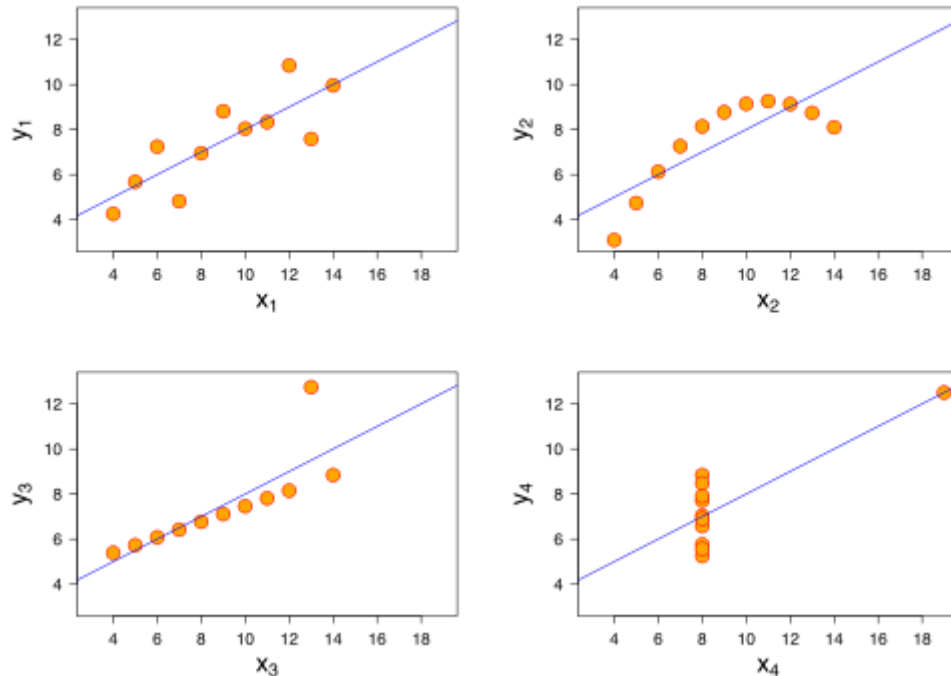
“La información relacionada con los factores que afectan el pronóstico por lo general es no cuantitativa, intangible y subjetiva. La naturaleza científica de los métodos los hace difíciles de estandarizar y de validar su precisión. Sin embargo, estos métodos pueden ser los únicos disponibles cuando se intenta predecir el éxito de nuevos productos, cambios en la política gubernamental o el impacto de una nueva tecnología. Son métodos más bien adecuados para pronósticos de mediano a largo plazo”.<sup>15</sup>

- **Método Gráfico:** “Consiste en graficar datos pasados de la variable que se va a pronosticar respecto al tiempo, tratando con esto de visualizar cómo se ha comportado dicha variable en el pasado y con ello, seleccionar entonces alguno de los modelos que se juzgue apropiado para hacer las proyecciones hacia el futuro”<sup>16</sup>. Los métodos gráficos son útiles en la medida que permiten representar la información para ser entendida de otra forma o escoger el modelo más pertinente de pronóstico. Por ejemplo, los datos representados mediante el modelo de Anscombe, en cuatro formas para determinar la media, la varianza, la correlación y la recta de regresión.

<sup>15</sup>FRAUSTO ENRÍQUEZ, op. cit, p.28

<sup>16</sup>IZAR, Juan Manuel. Modelos de Pronósticos. Instituto Tecnológico Superior de Rioverde · Investigación. México 2007, p. 3

**Gráfico 2 Conjuntos de datos con la misma media, varianza, correlación y recta de regresión**



Fuente: <https://www.datanalytics.com/2013/08/30/el-cuarteto-de-anscombe/>

En general, las gráficas tienen muchas utilidades en el momento de hacer pronósticos, tales como:

- Las gráficas ayudan a resumir y revelar pautas en los datos, por ejemplo, los casos de la forma lineal o no lineal en el primero y segundo conjunto de datos de Anscombe. Esto es clave en cualquier proyecto de pronósticos.
- Las gráficas ayudan a identificar anomalías en los datos, como en el tercer conjunto de Anscombe. Esto también es clave en los pronósticos, porque se elaboran a partir de modelos ajustados a los datos históricos, y se aplica muy bien el dicho “tras in tras out” (basura entra basura sale).
- Es menos obvio, pero definitivamente más importante, el hecho de que las gráficas facilitan y promueven las comparaciones. Ésta es la razón, por ejemplo, de que se ilustren en una sola figura los cuatro conjuntos de datos de Anscombe, al hacerlo se facilita una comparación fácil e instantánea de las relaciones entre los conjuntos. A esta técnica se le llama de comparaciones múltiples.

- Existe un aspecto más del poder de las gráficas estadísticas. Entra en juego en el análisis de grandes conjuntos de datos. Las gráficas nos permiten presentar e interpretar cantidades inmensas de datos en un espacio pequeño.<sup>17</sup>

- **Método Subjetivo:** Las técnicas de los métodos subjetivos son utilizadas al momento de que la investigación del producto la información es muy limitada o insuficiente para generar algún tipo de pronóstico. Las técnicas son algo simples en cuestión de datos ya que se basan principalmente en opiniones indagadas en encuestas, juicios o experiencias personales, para poder determinar la información que permita obtener el pronóstico. Los más conocidos son: “Pronósticos compuestos, Encuesta, Método Delphi, Construcción de escenario, Pronóstico de tecnología y Pronóstico por analogía”<sup>18</sup>

### 5.2.2.2 Modelos Cuantitativos

Los modelos cuantitativos, se basan en información sobre los factores que afectan el pronóstico, es decir, de las variables que se pronosticarán, siendo tangible, observable y medible; por lo que puede entonces cuantificarse. Los más conocidos son el método de series de tiempo o un método causal.

- **Modelos causales:** La base de este tipo de modelo causales está presente de una variable dependiente la cual es la que se interpreta como la variable a pronosticar y tiene dependencia de otros factores denominados variables independientes.[12]. Los métodos de elaboración de pronósticos causal se basan en el supuesto de que la variable que tratamos de pronosticar exhibe una relación de causa y efecto con una o más variables.<sup>19</sup>

Para el caso del modelo de entrada y salida; “cada modelo deriva su validez a partir de los patrones de información histórica que establecen la asociación entre las variables para predicción y la variable que se pronosticará;<sup>20</sup> es decir, causa y efecto, por lo se hace necesario tener claridad sobre las variables a utilizar que permitan hacer un pronóstico más efectivo, de lo contrario se cometerían errores. “Si las causas se entienden, se pueden hacer proyecciones de las variables que influyen para utilizarlas en la predicción”<sup>21</sup> identificando como influye una variable con otra, o como se correlacionan. Según ZEISSIG DÁVILA (2010) los métodos de

---

<sup>17</sup>FRAUSTO ENRÍQUEZ, op. cit. p. 35

<sup>18</sup>ZEISSIG DÁVILA, op. cit, p. 11

<sup>19</sup>VILLARREAL, Fernanda, “Introducción a los Modelos de Pronósticos”. Universidad Nacional del Sur- Departamento de Matemática. Argentina 2016. p. 8

<sup>20</sup>FRAUSTO ENRÍQUEZ, op. cit. p. 29

<sup>21</sup>ZEISSIG DÁVILA, op. cit, p. 39

métodos causales más usados son: Análisis de regresión, Medias móviles autorregresivas, Medias móviles autorregresivas integradas y Econometría.

Al tener relación con una serie estudiada se expresa de la siguiente manera:

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

Formula 1

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  $\alpha_k$  constante que multiplica cada variable, así:

$$Y=\alpha_0+\alpha_1X_1+\alpha_2X_2+\alpha_3X_3,\dots,\alpha_nX_n$$

Ecuación 1

Y para definir el valor de las constantes  $\alpha_k$ , normalmente se utiliza el método de mínimos cuadrados, aunque existen varias formas de encontrar su valor.

- Regresión lineal: los seres humanos han dependido en gran medida de la matemática y la física a lo largo de los tiempos para poder tener una visión de la realidad y de cómo se comporta y por este tipo de razones nacieron los métodos de regresión lineal para poder predecir comportamientos del futuro basado en históricos de datos y recolección de los mismos. Estadísticamente la regresión lineal se utiliza para relacionar variables que tienen correspondencia entre sí.

$$\hat{X}_t = a + bt$$

Fórmula 2

$\hat{X}_t$  Pronóstico del período  $t$

$a$  Intersección de la línea con el eje

$b$  Pendiente (positiva o negativa)

Donde:

$$a = \bar{X} - b\bar{t}$$

Fórmula 3

$\bar{X}$  Promedio de la variable dependiente (Ventas o Demanda)

$\bar{t}$  Promedio de la variable independiente (Tiempo)

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i t_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n t_i}{n \sum_{i=1}^n t_i^2 - [\sum_{i=1}^n t_i]^2}$$

Ecuación 2

- **Modelos de series de tiempo:** El objetivo principal de las series de tiempo es generar una interpretación para el comportamiento desarrollado por las variables aleatorias que pueden tener deferentes cambios a lo largo del tiempo y permitir tener un pronóstico futuro. Según, Robin M. Hogarth y SpyrosMakridakis (1981, citado por Fausto 2009), “los modelos de series de tiempo pueden ser superiores a los modelos causales. En general, la complejidad de los modelos de pronóstico no incrementa la precisión predictiva”<sup>22</sup>; por lo tanto, estos tipos de modelos son precisos para pronosticar igual de útiles de otros que los modelos complejos. Los métodos de serie de tiempo buscan descubrir un patrón que genera la pauta de los datos históricos recolectados, para después proyectarlos hacia el futuro; el pronóstico se basa únicamente en valores de la variable pasados[13].

- **Método del Ultimo Valor:** Es el método más sencillo de los modelos de pronóstico de series de tiempo por la razón de que sencillamente para realizar el pronóstico del próximo periodo, solo será adicionarle el valor de la variable a periodo anterior. Suelen llamarle el modelo ingenuo por su facilidad.[12]

$$P_{i+1} = X_i$$

Ecuación 3

Donde:

$P_{i+1}$  = Pronóstico para la variable para el periodo i+1.

$X_i$  = Valor de la variable pronosticada en el periodo i.

- **Método de los Promedios:** El preste método de igual manera es muy simple, porque predice el valor de las variables a considerar del próximo periodo con simplemente hacer un promedio ponderados de los valores que se tienen del histórico de periodos.[12]

De siguiente manera:

$$P_{i+1} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Ecuación 4

Donde:

$P_{i+1}$  = Variable pronosticada para el periodo i+1.

$X_i$  = Valor de la variable en el periodo i.

n = Número total de datos o de periodos.

---

<sup>22</sup>FRAUSTO ENRÍQUEZ, op. cit. p. 29

- **Promedios Móviles:** Los promedios móviles son “medias aritméticas de un cierto número, k, de valores de una variable. El promedio más reciente es el pronóstico para el siguiente periodo. Este enfoque asigna un peso igual a cada valor pasado que entra al promedio”<sup>23</sup>. La base de este método es muy similar al del promedio, su ventaja es que se puede obtener el valor promedio con tan solo algunos datos. Principalmente se basa en la información más reciente de las variables es decir considera los últimos periodos del histórico para generar el promedio de ahí su nombre promedio móvil.[12].

$$P_{i+1} = \frac{\sum_{i=n-m+1}^n X_i}{m}$$

Ecuación 5

Donde m es el número de datos considerado para calcular el promedio.

Los restantes términos que aparecen en la fórmula son los mismos que se manejaban en el modelo anterior.

- **Suavizamiento Exponencial Simple:** Los métodos de Suavizamiento exponencial “son atractivos, ya que generan pronósticos al asignar pesos que disminuyen de forma exponencial conforme las observaciones se vuelven más antiguas”<sup>24</sup>. Básicamente se calcula el promedio de una serie de tiempo mediante la ponderación del último valor el cual busca ajustar el pronóstico de tal forma que se eliminan periodos irregulares y se hace un pronóstico con el periodo que se está evaluando, pero del año anterior. [14]. Es muy usual en pronósticos de corto con un horizonte a corto plazo; por ejemplo, para hacer inventarios con muchos artículos; pues, suele ser económico y sencillo.

El pronóstico se obtiene “mediante una ponderación del último valor conocido de la variable pronosticada y del pronóstico hecho para ese mismo periodo anterior (Gardner, 1985). Esto lo indica la siguiente expresión matemática:<sup>25</sup>

$$P_{i+1} = \alpha X_i + (1 - \alpha)P_i$$

Ecuación 6

---

<sup>23</sup>FRAUSTO ENRÍQUEZ, op. cit. p. 40

<sup>24</sup> Ibíd, p. 41

<sup>25</sup> IZAR, op. cit, p. 9

Donde:

$P_{i+1}$  = Pronóstico para la variable para el periodo  $i+1$ .

$\alpha$  = Constante de suavizado.

$X_i$  = Valor de la variable en el periodo  $i$ .

$P_i$  = Pronóstico de la variable en el periodo  $i$ .

La constante de suavizado  $\alpha$  debe tener un valor entre cero y la unidad, algunos autores sugieren que se utilicen preferentemente valores entre 0.1 y 0.3.

Para utilizar la ecuación anterior por primera vez, se necesitará un pronóstico del periodo anterior  $P_i$ , el cual muchas de las veces no se tienen, por lo que se recomienda tomar como tal al valor observado de la variable en un periodo anterior, es decir  $X_{i-1}$ .

### 5.2.3 Modelo de Pronóstico Predictivo

Un modelo predictivo, se entiende como un tipo de método de pronóstico que permite analizar datos que conllevan a deducir y derivar resultados o sucesos futuros, según Schroeder, Meyer y Rungtusanatham (2011, p. 237), "la preparación de los pronósticos es el arte y la ciencia de predecir eventos futuros. Hasta la última década era, en gran medida, un arte, pero también se ha convertido en una ciencia;<sup>26</sup> Por su parte; FRAUSTO (2009), considera que un modelo de predicción "está conformado por los procedimientos que usa la técnica utilizada para el desarrollo del pronóstico. Claramente se ve que puede emplearse una amplia gama de modelos,"<sup>27</sup>. Dentro de este contexto puede argumentarse que la predicción de las ventas de una empresa para el año siguiente, hace que todo el sistema se transforme; es decir, tenga información que le sirve para tomar decisiones a futuro.[15]

Al respecto, Meredith y Shafer, (2010), plantean que existe "usualmente una relación muy estrecha entre competir exitosamente y estar en capacidad de predecir aspectos claves del futuro con exactitud. Claramente no es práctico intentar planear sin predicciones acerca del futuro".<sup>28</sup> Por lo tanto, el diseño de un modelo predictivo de la oferta de aguacate en el municipio de Herveo Tolima, aporta a los productores de aguacate herramientas e información importante para tomar decisiones que a futuro contribuye a mejorar el rendimiento del cultivo no solo el aspecto económico, sino también en el fisiológico.

---

<sup>26</sup> RUBIO GUERRERO, op. cit, p.18

<sup>27</sup>FRAUSTO ENRÍQUEZ, op. cit. p. 31

<sup>28</sup> RUBIO GUERRERO, op. cit p.18

Al respecto, FRAUSTO (2009), considera que existen dos tipos de modelo de predicción el cuantitativo y el cuantitativo explicativo; el primero, modelo de serie de datos es muy utilizados porque incluye la serie de datos que se van a pronosticar y el periodo de tiempo en que se van a monopolizar, donde se conjetura permanentemente cierto patrón o combinación de patrones periódicos a través del tiempo y el segundo al ser explicativo, relaciona una variable que es pronosticada con otras que depende de ella, donde al modificar una se afecta los productos del sistema de forma predecible, presumiendo la correlación constante que existe.

### 5.2.3.1 Componentes de una Serie de Tiempo

1. Componente tendencia, considera el cambio gradual en la serie de tiempo sobre un largo periodo de tiempo.
- 2 componente ciclo, cualquier patrón de secuencias de valores por arriba o debajo de la línea de tendencia es atribuible a este componente de las series.
3. Componente estacionalidad, considera patrones regulares de variabilidad dentro de ciertos periodos de tiempo, por ejemplo, un año.
4. Componente aleatoriedad, es causada en un corto tiempo, no es posible anticiparla y no presenta factores recurrentes, en este caso no es posible predecir el impacto en la serie de tiempo con anticipación.<sup>29</sup>

Para determinar el modelo de pronóstico predictivo de series de tiempo, se tiene en cuenta la serie estable, aplicando la siguiente fórmula:

$$F_{t+1} = P_t$$

Fórmula 4

$$F_{t+1} = V_t$$

Fórmula 5

Donde:

$F_t$  – pronóstico del siguiente periodo t

$P_t$  – valor observado de la producción en el periodo t

$V_t$  – valor observado del valor (precio) en el periodo t

## 5.3. MARCO LEGAL

---

<sup>29</sup>FRAUSTO ENRÍQUEZ, op. cit. P.21

### **5.3.1. Ley 1776 del 29 de enero de 2016**

Se creó y desarrollo áreas de interés conocidas como Zidres las cuales son aptas para la producción agrícola y pecuaria (ganadería, porcinos, avicultura entre otras, para las personas de áreas rurales, las cuales se tengan baja población. Estas tierras no invadirán el bosque o áreas paradisíacas bajo protección, se estima que los pequeños productores la utilizan. [16]

### **5.3.2. Ley 1876 del 29 de diciembre de 2017**

Ley compuesta por diferentes planes estratégicos de ciencia y tecnología, planificación y participación del sector agropecuario en la innovación abierta o colaborativa para la creación y pronto funcionamiento del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA). [17]

### **5.3.3. Ley 1731 de 31 de julio de 2014**

Con el fin de fomentar el acceso al crédito en el sector rural, la presente ley quiere adoptar algunas medidas para reiniciar el sector agrícola. Además de fortalecer la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA. Con convenios de microcrédito del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Así mismo, con el fin de promover la gestión de riesgos en el sector agrícola, se pueden promocionar subsidio, apoyos o incentivos para la implementación de gestión de riegos.[18]

### **5.3.4. Decreto 1071 de 2015**

El ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural tiene a su cargo la orientación, control y evaluación de las funciones de sus entidades adscritas “Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (INCODER), Unidad Administrativa Especial de Gestión de Restitución de Tierras Despojadas, Unidad Administrativa Especial Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP), Unidad de Planificación de Tierras Rurales, Adecuación de Tierras y usos Agropecuarios (UPRA)”. Deban tener normas que bajo el marco de la macro disposición de reglamentar estos sectores y como se está relacionando su funcionamiento y financiamiento. [19]

## **6. MARCO METODOLÓGICO**

### **6.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS DE VARIABLES**

De acuerdo con la naturaleza y las diferentes características de este estudio del proyecto, se consideró un enfoque cuantitativo y descriptivo; pues los estudios cuantitativos intentan corroborar y predecir los fenómenos que se están investigando, para el caso un modelo predictivo de la oferta de aguacate en el municipio de Herveo Tolima, de tal forma que se puedan encontrar regularidades y relaciones causales entre elementos investigados; es decir el rendimiento de producción de aguacate, a partir de su oferta, demanda y precio; que permitan describirlas la variables que intervienen y determinar si se relacionan o no.

### **6.2. HIPÓTESIS**

Para definir cuáles pueden ser las variables que pueden estar presente en la producción, rendimiento económico y fisiológico del aguacate del municipio de Herveo y lograr registrar cuales son las variables de comportamiento del consumidor y la oferta el mismo, se plantea la siguiente hipótesis: La oferta del aguacate tienen una correlación alta con la producción, el rendimiento y el precio de éste en el municipio de Herveo.

### **6.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

Esta investigación se llevará acabo utilizando métodos de investigación no experimentales y correlacional. Este método nos permitirá identificar las diferentes variables que pueden afectar el comportamiento del cultivo de aguacate, determinar los factores, que se deben tener presentes para pronosticar las posibles variables ya sean de riesgos o de oportunidad; porque los estudios correlacionales “asocian variables mediante un patrón predecible para un grupo o población categorías o variables en un contexto específico”[20].

### **6.4. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS**

La elaboración del modelo de pronóstico predictivo emplea el método de serie temporal, se sustentan en información y análisis de datos históricos, en cuatro etapas básicas:

1. Etapa- Primer Análisis: Es esta etapa se hace la recolección de datos de diversas fuentes donde se puedan identificar la oferta de la producción, el precio, el área sembrada y cosechada y el rendimiento del aguacate en un periodo de 5 años mínimo, a nivel local, regional y nacional, el cual permite realizar un proceso de selección de los datos, con el fin de emplear aquellos que cumplan los discernimientos y criterios necesarios para crear el modelo planteado. Además, se define el horizonte del pronóstico; es decir el periodo de tiempo a utilizar.

2. Etapa- Segundo Análisis: Se realiza la sistematización de los datos e información recolectada, utilizando diversos procesos como clasificación, ordenación, categorización y agrupación para compararla y poder describir el compartimento del rendimiento de producción al revisar las variables planteadas, teniendo en cuenta las fuentes que suministra la información, para generar un mayor grado de confiabilidad y credibilidad del modelo de pronóstico predictivo. En esta etapa, también se elaboran gráficas para su análisis.

3. Etapa- Evaluación de los modelos de pronóstico: Observación y análisis de la información que permita hacer un reporte y derivar resultados o sucesos futuros sobre el rendimiento de la producción y precio del aguacate. En esta se evalúan los modelos de pronóstico para determinar el método o modelo que mejor aplicación tiene a la serie tiempo, utilizando los datos históricos recolectados.

4. Etapa: Modelo de Pronóstico Predictivo: Esta etapa se diseña el modelo predictivo, de la oferta de aguacate en el municipio de Herveo Tolima generando predicciones y pronósticos con un alto grado de probabilidad, credibilidad y confiabilidad según las variables utilizadas y analizadas. Aplicando el método matemático identificado en las etapas anteriores, para los periodos de tiempo futuros empleando las series de datos históricos recolectados.

#### **6.4.1. Población y Muestra**

La población de este trabajo de investigación son los productores de aguacate a nivel nacional y la muestra serán los productores de aguacate Hass en el municipio de Herveo Tolima, quienes principalmente serán beneficiados por este estudio. Se espera que también pueda ser tomado como base para realizar estudios de en otras regiones del país en las cuales sientan que su producción a decaído o simplemente deseen saber si están haciendo un buen rendimiento agrícola a través del diseño modelo predictivo en relación a la oferta del aguacate Hass.

#### **6.4.2. Técnicas y Métodos.**

En el proceso de investigación se llevará a cabo la revisión de documentos, es una técnica que se utiliza para recoger, revisar datos existentes en diferentes fuentes, considerados de interés en la investigación, el uso de bases de datos específico está relacionado con el proceso de investigación a la revisión de documentación, para ello se revisan fuentes en Agronet, DANE, Secretaria de Agricultura del

municipio. En todo proceso de investigación, generalmente se obtienen la mayor cantidad de datos.[21], al realizar la revisión de documentos o análisis documental; pues, específicamente esta técnica sirve para analizar e interpretar información.

### **6.4.3 Herramientas estadísticas**

Para la sistematización de los datos y de la información se realizar a través de software Excel de Microsoft y el programa estadístico SPSS de IBM.

## 7. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS ALCANZADOS

### 7.1 IDENTIFICACIÓN DEL AGUACATE COMO PRODUCTO AGRÍCOLA SEMBRADO EN EL MUNICIPIO DE HERVEO

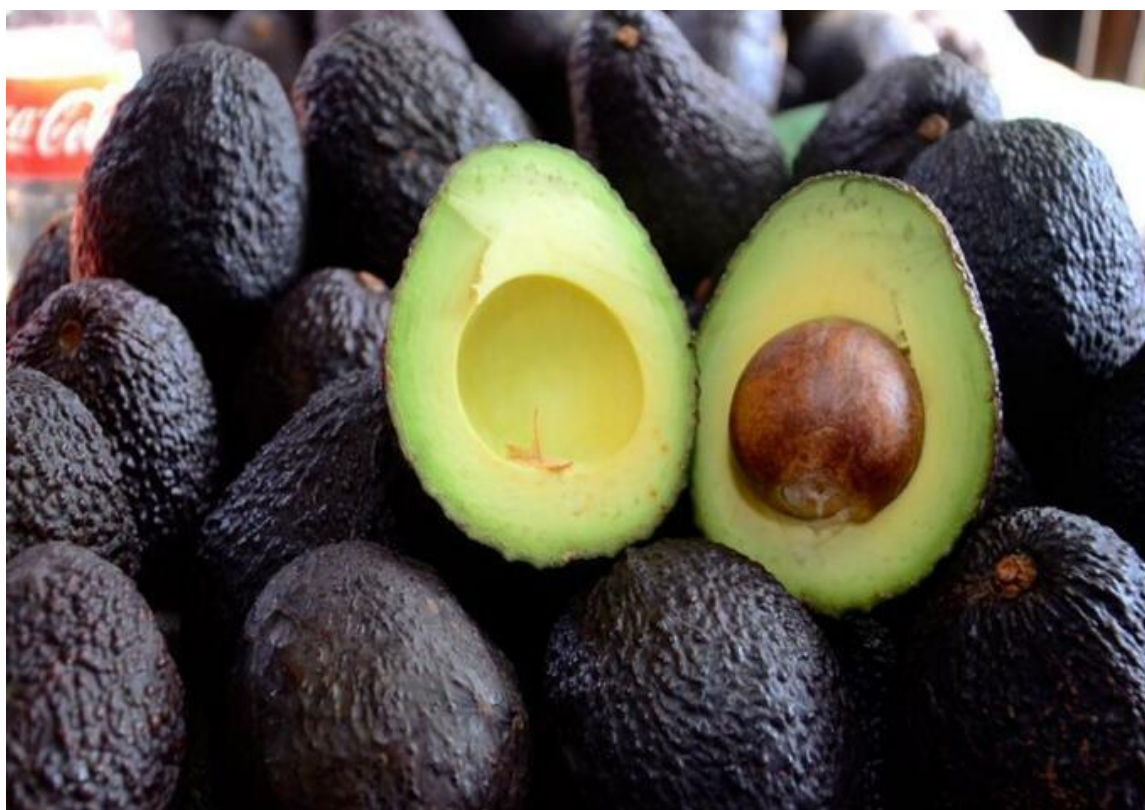
#### 7.1.1 Cronograma

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	29/10/20	17/11/20	1/12/20	16/12/20	13/1/21	27/1/21	9/2/21	23/2/21	10/10/21
<b>PROYECTO</b>	95 días	jue 29/10/20	mié 10/03/21										
INICIO	0 días	jue 29/10/20	jue 29/10/20										
IDENTIFICACIÓN DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS	13 días	jue 29/10/20	lun 16/11/20	2									
ANÁLISIS DE VARIABLES	10 días	mar 17/11/20	lun 30/11/20	3									
DEFINIR VARIABLES DE OFERTA	11 días	mar 1/12/20	mar 15/12/20	4									
DEFINIR VARIABLES DE RENDIMIENTO	20 días	mié 16/12/20	mar 12/01/21	5									
DEFINIR VARIABLES DE CALIDAD Y COSTO	10 días	mié 13/01/21	mar 26/01/21	6									
EVALUACIÓN DE MODELOS ESTADÍSTICOS	9 días	mié 27/01/21	lun 8/02/21	7									
PROPUESTA DE MODELO	10 días	mar 9/02/21	lun 22/02/21	8									
ESTABLECER EL NIVEL DE LA OFERTA	12 días	mar 23/02/21	mié 10/03/21	9									
AJUSTES	14 días	mié 11/03/21	mar 30/03/21	10									
FIN	0 días	mié 10/03/21	mié 10/03/21										

### 7.1.2 Aguacate

El aguacate es la quinta fruta tropical más importante en el mundo, en términos de volumen y área sembrada. Durante el 2010 Colombia ocupó el quinto puesto mundial en producción y se descubrió el enorme potencial de exportación para este producto. A pesar de su significativa producción, debe depender de las importaciones para satisfacer la demanda interna del país. Departamentos como el Tolima han venido tecnificando sus cultivos durante los últimos años para poder tener una producción más constante. [22]

*Ilustración 1 Aguacate*



*Fuente: <https://www.rcnradio.com/economia/aguacate-de-colombia-nuevamente-protagonista-en-el-super-bowl>*

### 7.1.3 Siembra de Aguacate

Los requerimientos que se deben tener en cuenta al momento de hacer una siembra de aguacate para obtener resultados satisfactorios, se pueden observar en la siguiente tabla:

**Tabla 2 Requerimientos para el cultivo de aguacate Hass**

<b>CARACTERISTICA</b>	<b>REQUERIDO CULTIVO</b>	<b>CONDICIONES DE LA ZONA</b>	
<b>Topografía</b>	Plana a Inclínada pendiente de 35°	Ondula hasta pendiente de 35°	
<b>Rango de Altitud</b>	800 a 1400 MSNM	1300 a 1700 MSNM	
	Temperatura	18 - 27°C	21°C
	Precipitación	1500 - 3000 MM	3000MM
<b>Clima</b>	Periodos de lluvia	Constante en el año	Marzo a Julio; Septiembre a Diciembre
	Humedad relativa	65 - 80 %	80%
	Vientos	Baja tolerancia a vientos menores a 25 km/hr	Mediana incidencia de vientos en los meses de junio a agosto.
<b>Suelo</b>	pH	5.0 -6.5	5.5
	Textura	Franco Arenoso Arcilloso profundos	Arenoso arcilloso profundo
	Fertilidad	Alta en especial de Ca, S, K, P y S mediano contenido de Hierro.	Bajo contenido de Ca y menores. Mediano contenido de P y K. Alto Contenido de Fe.
	Susceptibilidad a procesos de degradación (erosión o inundaciones)	Topografía de plana a inclinada, se requieren suelos con baja susceptibilidad de erosión en masa.	Suelos con pendientes menores e iguales a 30°, Areno - Arcillosos, medianamente susceptibles a la erosión en masa.
<b>Agua</b>	Requerimientos de la actividad	Requiere de disponibilidad de agua de manera uniforme	El cultivo no requiere riego. Las distribuciones de la precipitación son suficientes y uniformes.

*Fuente: Elaboración propia*

#### 7.1.4 Aguacate Hass

El aguacate Hass es una apuesta de la agropecuaria colombiana ya que representa una gran oportunidad en el mercado contando con una gran posibilidad de exportación que ofrece el mercado. Se ha convertido en la variedad más comercializada. En los últimos años, ha aumentado el cultivo de aguacate dado su la gran importancia que ha tomado en el país, como lo demuestra el aumento de área de siembra y el consumo. Sin embargo, actualmente el mercado especializado es muy limitado.

*Ilustración 2 Aguacate Hass*



*Fuente: <https://www.rcnradio.com/economia/aguacate-de-colombia-nuevamente-protagonista-en-el-super-bowl>*

##### 7.1.4.1 Producción Mundial

En las siguientes tablas se muestra la producción del área cosecha por hectárea y la cantidad de toneladas de los diez (10) principales países a nivel mundial.

**Tabla 3 Área cosechada a nivel mundial 2018**

	País	Área Cosechada (Ha.)
1	México	261.777
2	Perú	56.807
<b>3</b>	<b>Colombia</b>	<b>54.427</b>
4	Chile	43.403
5	Indonesia	28.748
6	Estados Unidos.	27.889
7	China	24.078
9	Ethiopia	21.402
10	Otros	216.643

En una vista panorámica del mundo, Colombia ocupó el tercer lugar entre los 10 países productores durante el año 2018 respecto al cultivo de aguacate Hass, contando con una participación de 54.427 hectáreas cosechadas, para un equivalente del 6% a nivel mundial.

Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

**Tabla 4 Producción a nivel mundial 2018**

	País	Producción (Ton).
1	México	2.172.757
2	Dominicana Republica	691.551
3	Perú	523.703
<b>4</b>	<b>Colombia</b>	<b>544.933</b>
5	Indonesia	326.284
6	Brasil	209.176
7	Kenya	188.368
8	Estado Unidos	184.714
9	Chile	146.981
10	Otros	1.511.533

En relación a la producción, Colombia ocupó el cuarto lugar a nivel mundial gracias a sus 544.993 toneladas de aguacate producidas durante el año 2018, de esta manera se posiciona en el cuarto lugar con una participación del 11% del total de toneladas producidas en el mundo durante ese año.

Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

### 7.1.4.2 Producción a Nivel de Exportación

**Tabla 5 Principales destinos de exportación**

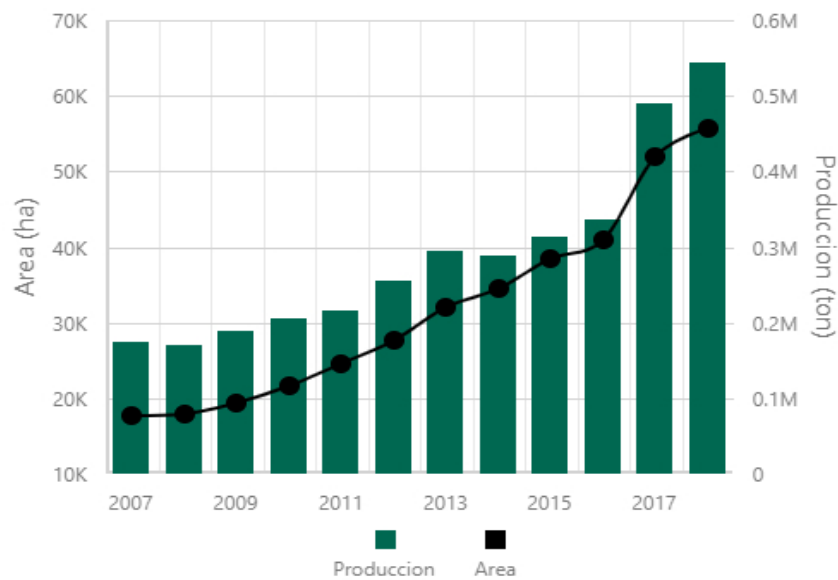
País Destino	2014	2015	2016	2017	2018	2019*
Países Bajos	1.369	3.318	7.385	10.184	15.259	15.532
Reino Unido	224	1.170	4.520	6.760	6.762	6.482
España	80	392	3.845	6.905	6.004	3.837
Bélgica	0	0	104	2.047	1.732	3.157
Estados Unidos	44	407	1.481	1.592	379	1.184
Otros.	43	44	485	1.000	2.639	2.359
<b>Total general (Ton.)</b>	<b>1.760</b>	<b>5.332</b>	<b>17.821</b>	<b>28.487</b>	<b>32.775</b>	<b>32.552</b>

Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

El principal destino de exportación en el momento para el aguacate Hass producido en Colombia es el continente europeo, encabezado por los Países Bajos con 15.532 toneladas, seguido del Reino Unido con 6.482 toneladas, luego España con 3.837 toneladas y Bélgica con 3.157 toneladas; asimismo, se exportan 2.359 toneladas a otros países. Todo esto gracias a que Colombia en la actualidad cuenta con admisibilidad sanitaria, que le permite llegar a diferentes países, pero principalmente a Estados Unidos al cual se lograron exportar 1.184 toneladas de aguacate durante el año 2019 y se espera seguir incrementando el número de toneladas exportadas en los próximos años.

### 7.1.4.3 Producción y Rendimiento Nacional

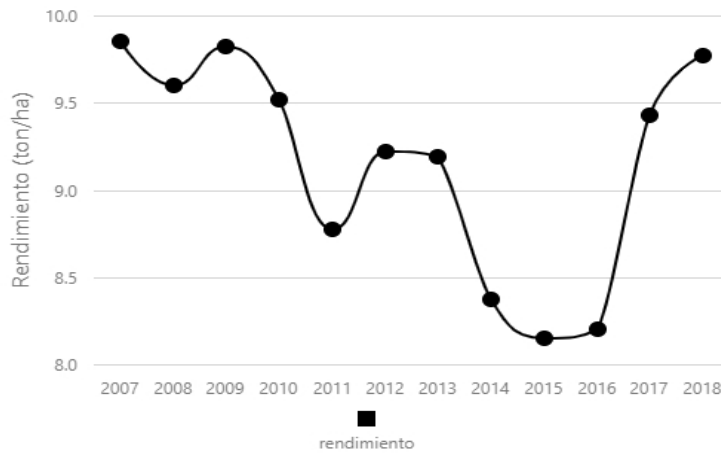
**Gráfico 3 Área cosechada y producción de aguacate en Colombia hasta el 2019**



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica se muestra que tanto el área cosechada como la producción anual de aguacate Hass han aumentado progresivamente, habiendo reportado 55.777 hectáreas cosechadas en el año 2019. Es de aclarar, que según fuentes del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Cadena de Aguacate, indicadores e instrumentos de Colombia durante el año 2019 los siguientes departamentos se destacaron de mayor a menor en el área cosechada; Tolima 15.247 hectáreas; Antioquia, 14.352 hectáreas; Caldas, 12.054 hectáreas; Santander, 6.870 hectáreas; Quindío 4.561 hectáreas; Cesar 3.675 hectáreas; Valle del Cauca 3.651 hectáreas; Bolívar 2.528 hectáreas; como lo muestra la gráfica 5, sobre el Área sembrada, la producción y el rendimiento Departamental; los otros departamentos suman un total de 20.887 hectáreas de área sembrada.

**Gráfico 4 Rendimiento cultivo de aguacate en Colombia hasta el 2019**

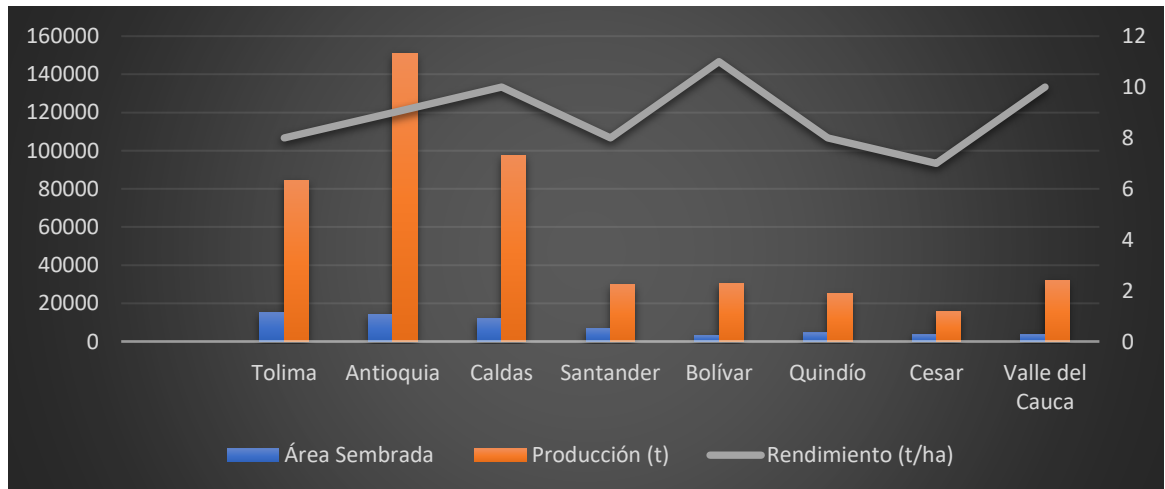


Fuente: Elaboración propia

En la gráfica se puede observar que el rendimiento durante el lapso de tiempo del 2007 al 2010 fue superior a los 9,5 por ciento; desde el 2011 en adelante, en especial en el año 2015 se presentó mayor tendencia a la baja. Aunque, a partir del año 2016 se ha mantenido una predisposición de aumento del rendimiento superior al 9.5 en el año 2018. Siendo este último año donde también ha crecido el área cosechada, según el gráfico anterior, “Área cosechada y producción de aguacate en Colombia hasta el 2018”.

#### 7.1.4.4 Producción y Rendimiento Nacional por Departamentos

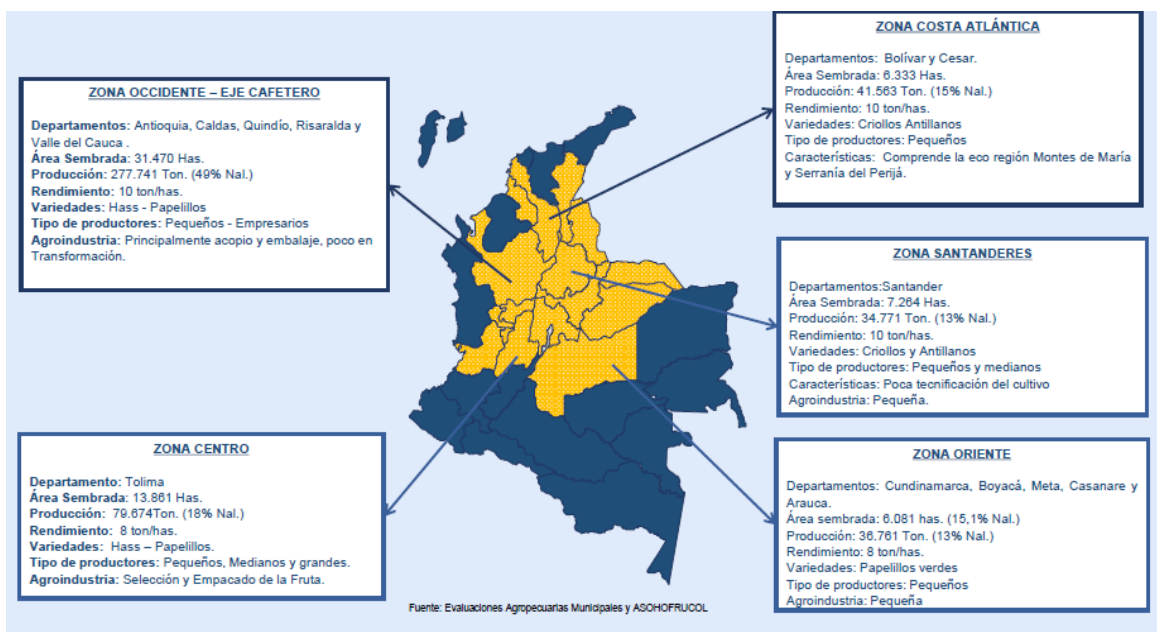
**Gráfico 5 Área, Producción y Rendimiento Departamental año 2019**



Fuente: Elaboración propia

El departamento del Tolima presenta el mayor número hectáreas sembradas con un total de 15.247, consolidándose así nivel nacional; por su parte, el departamento de Antioquia lidera la producción de aguacate Hass del país con 151.021 toneladas producidas durante el año 2019; en relación al rendimiento por hectárea es el departamento de Bolívar el que muestra el pico más alto, seguido por Valle del Cauca, Caldas, Antioquia, Tolima, Quindío y Cesar. No obstante, el Tolima se posesiona en el tercer lugar de producción, después de Caldas y en el cuarto en rendimiento por hectárea; siendo de esta manera líder en centro del país y convirtiéndose en una de las principales zonas productoras de aguacate como lo muestra la siguiente ilustración.

**Ilustración 3 División por regiones productoras**



**Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural**

La ilustración muestra que la variedad de aguacate Hass se produce en los departamentos de Antioquia, Caldas, Quindío, Risaralda y Valle del Cauca los cuales conforman la zona del occidente, al igual que en el departamento del Tolima que sólo hace parte de la zona centro. En estas zonas y en la zona oriente, además, se cultiva la variedad de aguacate llamada pepilillos. Por su parte, en las zonas de los Santanderes y la Atlántica se produce las variedades de criollos y antillanos.

A pesar que el rendimiento por hectárea de algunas zonas es similar, difieren en el número de áreas sembradas y en la producción anual.

### 7.1.4.5 Producción Municipal

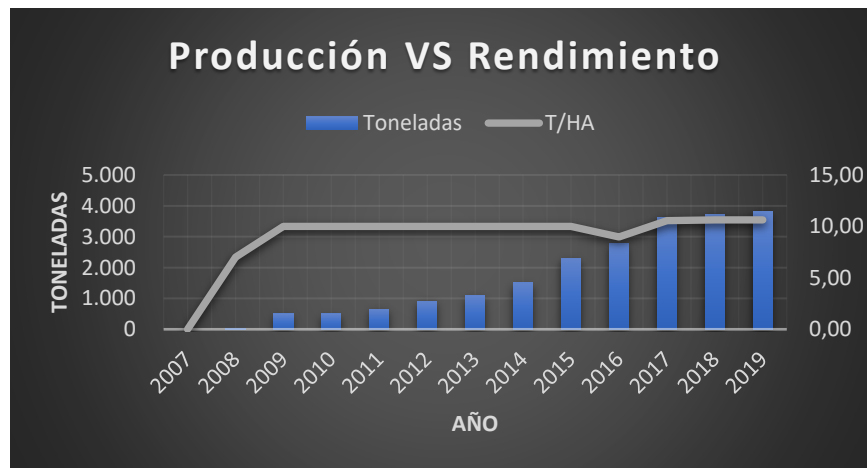
A continuación, se presenta la Tabla No 6 donde se puede observar los datos históricos y proyectados del precio, Producción, Rendimiento, Área Cosechada y Área Sembrada

**Tabla 6 Datos Históricos y Proyectos de Aguacate Hass en el Municipio de Herveo**

AÑO	Precio \$/KG	Producción	Rendimiento (t/ha)	Área Sembrada (ha)	Área Cosechada (ha)
2008	\$ 3.722,50	21	7,00	13	3
2009	\$ 3.746,92	500	10,00	94	50
2010	\$ 3.310,00	500	10,00	104	50
2011	\$ 3.000,00	650	10,00	215	65
2012	\$ 3.497,71	900	10,00	167	90
2013	\$ 3.187,58	1.090	10,00	199	109
2014	\$ 3.276,00	1.500	10,00	234	150
2015	\$ 3.580,58	2.300	10,00	230	230
2016	\$ 3.924,58	2.780	8,97	323	310
2017	\$ 4.209,00	3.624	10,55	344	344
2018	\$ 4.784,75	3.720	10,63	350	350
2019	\$ 4.591,00	3.826	10,63	360	360
2020	\$ 4.910,25	3.926	10,68	368	368
2021	\$ 5.101,25	4.027	10,72	376	376
2022	\$ 5.292,25	4.128	10,76	384	384

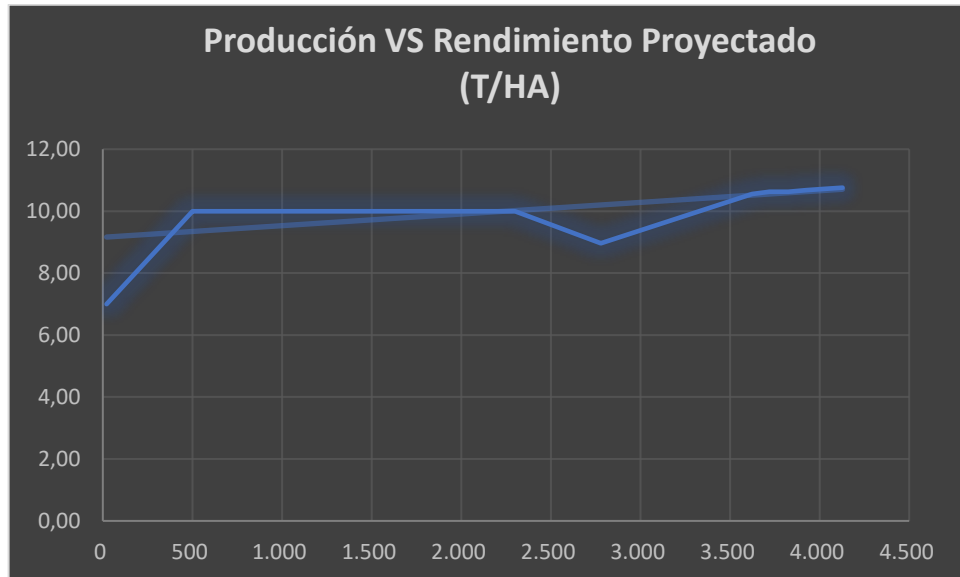
Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 6 Producción de aguacate por año**



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 7. Producción VS Rendimiento Proyectado



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 4. Estudio de correlación

AÑO	Precio \$/KG	Producción	Rendimiento(t/ha)	Área Sembrada(ha)	Área Cosechada(ha)
2008	\$ 3.722,50	21	7,00	13	3
2009	\$ 3.746,92	500	10,00	94	50
2010	\$ 3.310,00	500	10,00	104	50
2011	\$ 3.000,00	650	10,00	215	65
2012	\$ 3.497,71	900	10,00	167	90
2013	\$ 3.187,58	1.090	10,00	199	109
2014	\$ 3.276,00	1.500	10,00	234	150
2015	\$ 3.580,58	2.300	10,00	230	230
2016	\$ 3.924,58	2.780	8,97	323	310
2017	\$ 4.209,00	3.624	10,55	344	344
2018	\$ 4.784,75	3.720	10,63	350	350
2019	\$ 4.591,00	3.826	10,63	360	360
2020	\$ 4.910,25	3.926	10,68	368	368
2021	\$ 5.101,25	4.027	10,72	376	376
2022	\$ 5.292,25	4.128	10,76	384	384

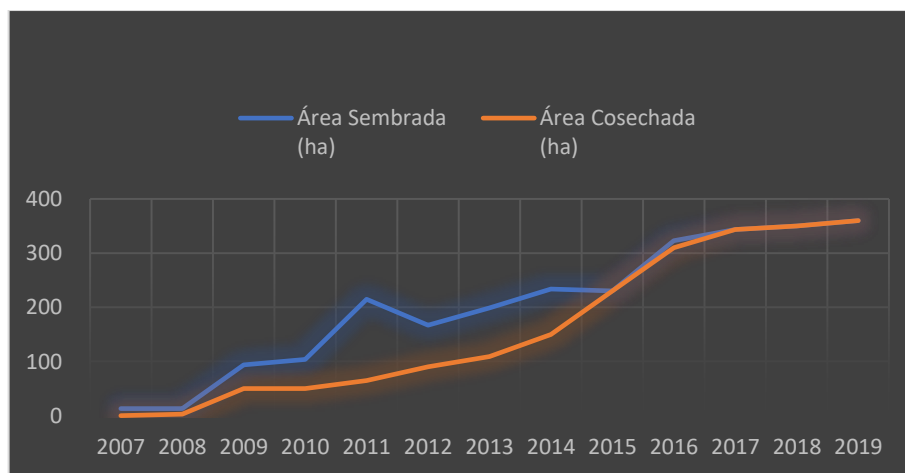
19	Coefficiente de correlación	0,99523731
20	Coefficiente de determinación R^2	0,9904973

Fuente: Elaboración propia

La producción de aguacate en el Municipio de Herveo, desde el 2007 hasta finales del año 2019 muestra en el Grafico 6 una curva ascendente progresiva, con un pico más alto desde el año 2016 en adelante; siendo el 2019, el año que fue mayor, donde se obtuvo una producción de 3.826 toneladas, con un área sembrada de 360 hectáreas algo relativamente cercano con el año anterior que fueron 250 hectáreas sembradas. No obstante, el rendimiento fue igual para los dos últimos años 10,63 T/Ha, hecho que preocupa. Por lo tanto, se espera que tanto la producción anual como el rendimiento del fruto se incrementen paulatinamente.

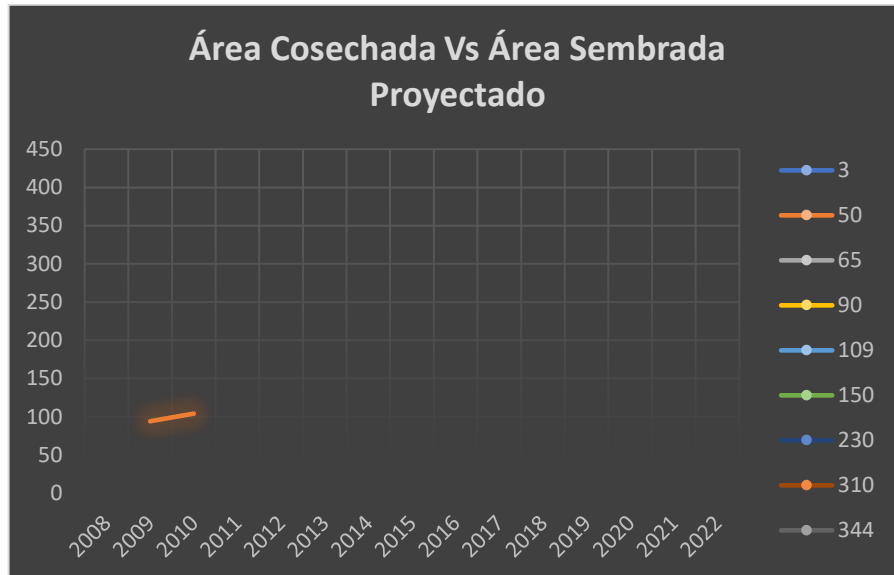
Teniendo en cuenta el incremento de la demanda del aguacate Hass en los tres últimos años, se hicieron las proyecciones de su producción, esperando para el año 2021 unas ventas aproximadas de 4027 Toneladas y para el 2022 4128 Toneladas.

**Gráfico 8 Áreas Sembrada y Áreas Cosechada**



*Fuente: Elaboración propia*

Gráfico 9 Área Cosechada Vs Área Sembrada Proyectado



Fuente: Elaboración propia

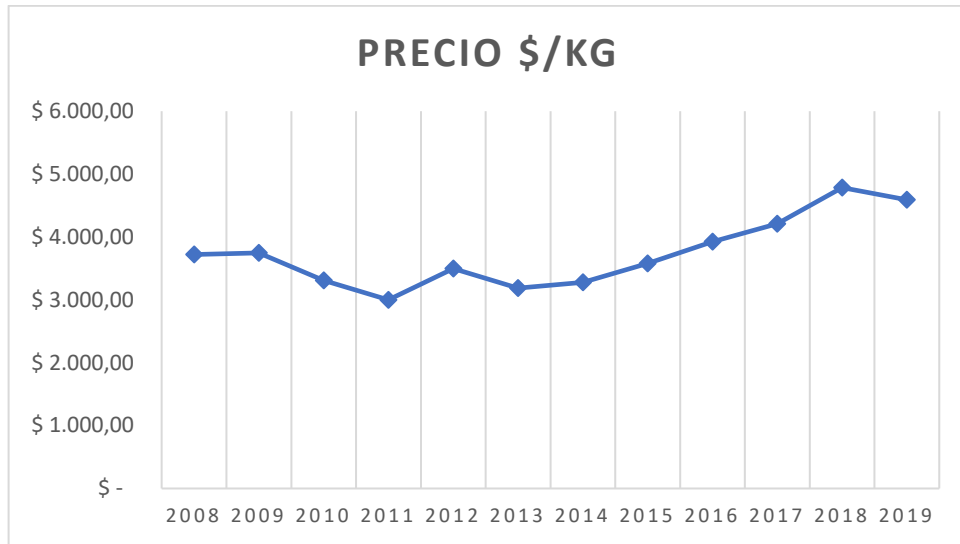
Al observar la gráfica 7 se puede ver claramente que durante el intervalo de tiempo de los años 2009 hasta 2014 el rendimiento de la tierra no fue el más óptimo debido a que el área cosechada presenta una considerable diferencia frente al área sembrada en el municipio. Aunque, durante el año 2011 y 2014 se puede observar un aumento considerable de las áreas sembrada respecto a los otros años. Por su parte, el área cosechada muestra la curva ascendente cada año.

Además, desde el año 2015, tanto las áreas sembradas y como las áreas cosechadas, tuvieron un crecimiento similar; tanto que, durante los años 2018 y 2019, hubo 344 hectáreas sembradas y 350 hectáreas cosechadas, siendo datos iguales.

Al observar la tabla No. 6 podemos analizar que la proyección del área cosechada y sembrada van de la mano y su crecimiento es paulatino y lento porque poco a poco se va agotando la disponibilidad de tierras para los cultivos del aguacate Hass.

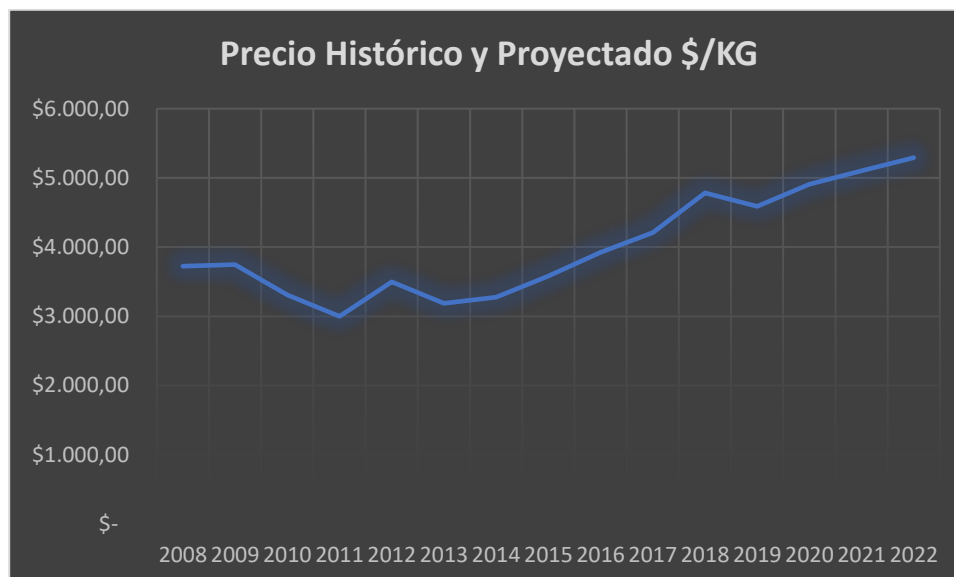
#### 7.1.4.6 Precio del Aguacate

Gráfico 10 Precio por kilogramo de aguacate anual en Colombia



*Fuente: Elaboración propia*

**Gráfico 11. Precio Histórico y Proyectado \$/KG**



Fuente: Elaboración propia

El aguacate ha tenido una variación de precio a largo de la última década gracias a la gran acogida que tenido en los diferentes mercados por ejemplo se observa el año 2012 en cual tuvo un precio de \$ 3.497,71 pero en el año siguiente se obtuvo una disminución de precio a \$ 3.187,58 una baja de \$ 310 pesos con 13 centavos, lo cual genero algunas preocupaciones en los agricultores pero desde ese año y hasta el 2018 el aguacate tuvo un crecimiento de precio, en las plazas del país, en este preciso caso en la principal plaza mayorista de abastos del país Corabastos ubicada en la capital del país donde alcanzó un valor de \$ 4.784,75 por kg en el año 2018. En el año 2019 se obtuvo una disminución de precio de \$ 193 pesos con 75 centavos con respecto al año anterior.

Según las proyecciones se espera para los años siguientes un precio de compra del Kilo de aguacate Hass \$ 4.910,25 para el año 2020, \$ 5.101,25 para el año 2021 y para el año 2022 \$ 5.292,25.

#### 7.1.4.7 Análisis estadístico

## - Regresión Producción – Precio

**Tabla 7 Producción – Precio**

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,8006158 5
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,6409857 5
R <sup>2</sup> ajustado	0,6050843 2
Error típico	880,56911 5
Observaciones	12

### ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	13844063,4	13844063,4	17,854 0473	0,001756 52
Residuos	10	7754019,67	775401,967		
Total	11	21598083			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Intercepción	5746,5363 7	1800,30586	-3,19197782	0,0096 2179	9757,867 8	1735,2 0494	9757,86 78	1735,20 494
Variable X 1	2,0158030 4	0,47706742	4,22540498	0,0017 5652	0,952830 59	3,0787 7549	0,95283 059	3,07877 549

*Fuente: Elaboración propia*

La correlación entre la producción y el precio fue del 80% lo cual implica una relación alta entre estas variables

## - Regresión Producción – Rendimiento

**Tabla 8 Producción – Rendimiento**

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,5103201 9
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,2604266 9
R <sup>2</sup> ajustado	0,1864693 6
Error típico	1263,8578 1
Observaciones	12

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	5624717,3	5624717,32	3,5213 1005	0,090038 34
Residuos	10	15973365,7	1597336,57		
Total	11	21598083			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Intercepción	5316,3979 8	3801,5148 8	-1,39849459	0,1922 0354	13786,70 1	3153,9 0502	13786,7 01	3153,90 502
Variable X 1	723,48110 2	385,54498 5	1,8765154	0,0900 3834	135,5666 58	1582,5 2886	135,566 658	1582,52 886

*Fuente: Elaboración propia*

**- Regresión Producción – Área Sembrada**

**Tabla 9 Producción – Área Sembrada**

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,932996057
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,870481642
R <sup>2</sup> ajustado	0,857529806
Error típico	528,899637
Observaciones	12

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	18800734,8	18800734,8	67,2091318	9,4978E-06
Residuos	10	2797348,2	279734,826		
Total	11	21598083			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Intercepción	775,279874	347,545388	-2,23072986	0,04978083	1549,65926	0,90049162	1549,65926	0,90049162
Variable X 1	11,66748118	1,42319027	8,19811757	9,4978E-06	8,49641564	14,8385467	8,49641564	14,8385467

*Fuente: Elaboración propia*

## - Regresión Producción – Área Cosechada

**Tabla 10 Producción – Área Cosechada**

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,9952373
	1
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,9904973
	03
R <sup>2</sup> ajustado	0,9895470
	34
Error típico	143,26200
	9
Observaciones	12

- ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	21392843	21392843	1042,33286	1,9145E-11
Residuos	10	205240,032	20524,0032		
Total	11	21598083			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Intercepción	36,40360774	69,9326197	-0,52055261	0,61400807	192,223195	119,415979	192,223195	119,415979
Variable X 1	10,3521104	0,32064589	32,2851802	1,9145E-11	9,63766683	11,066554	9,63766683	11,066554

*Fuente: Elaboración propia*

## 7.2 ANÁLISIS DE VARIABLES IDENTIFICAS

Las variables que tienen una correlación alta con el rendimiento y por ende la oferta y el precio del aguacate Hass en el municipio de Herveo son la producción, el área de cosecha y área sembrada.

### **7.2.1 Variables de Rendimiento.**

La variable que afectan el rendimiento del cultivo del aguacate Hass en el municipio de Herveo Tolima, este determinada por la producción, entendida como la cantidad del producto obtenidos en el área cosechada en toneladas del cultivo anualmente y el área de cosecha, siendo está, el espacio delimitado para la el cultivo del aguacate, incluida aquellos espacios obligatorios para almacenar las herramientas y recursos que se necesitan para adecuar el terreno, almacenar los productos y la vivienda.

### **7.2.2 Variable de Oferta**

La oferta es considerada como la cantidad del producto que se encuentra disponible en el mercado en un periodo de tiempo determinado, la cual afecta directamente el precio del mismo.

## **7.3 EVALUACIÓN DE MODELOS**

Para la evaluación de los métodos de pronóstico se tendrán en cuenta los de tipo cuantitativo, como son los modelos casuales, de regresión lineal y modelos de series de tiempo. Empleando los datos encontrados en las variables determinadas para la investigación tales como el rendimiento determinado por la producción anual en toneladas del producto y el área sembrada en hectáreas y de cosecha la oferta, la cual se relaciona directamente con el precio promedio anual del aguacate Hass en el municipio de Herveo.

### **7.3.1 Modelos causales**

### **7.3.2 Regresión lineal Múltiple**

Para evaluar el modelo de regresión lineal múltiple se utilizaron las variables producción y área cosechada, las cuales arrojaron como resultado que un coeficiente de correlación de 0,99. Lo cual indica que el modelo lineal se ajusta a los datos registrados en el trabajo de campo realizado.

También se puede observar según los resultados del modelo que la producción de aguacate Hass crece a un ritmo de diez veces el área cosechada. Asumiendo una confiabilidad del 95%, podemos concluir que el modelo pronostica de forma apropiada la producción de aguacate según el área cosechada.

Los resultados se presentan en el siguiente resumen:

Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,994372511
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,988776691
R <sup>2</sup> ajustado	0,987529657
Error típico	150,6780684
Observaciones	11

ANÁLISIS DE VARIANZA

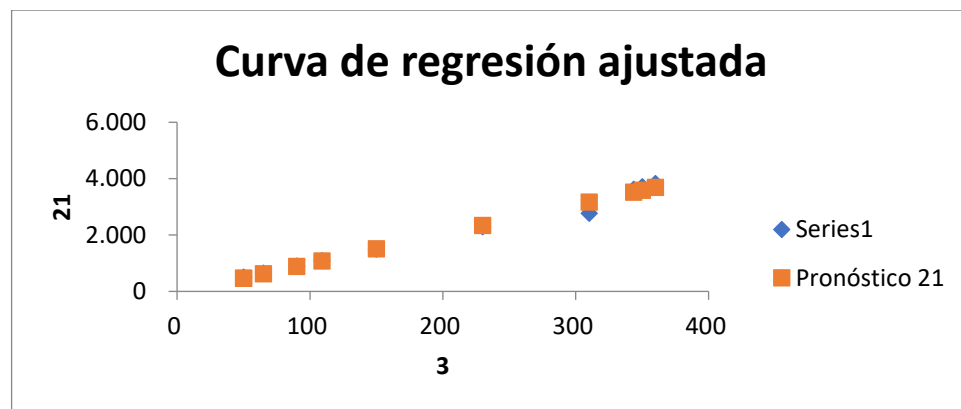
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	18001965	18001965	792,9025681	4,36845E-10
Residuos	9	204334,9227	22703,8803		
Total	10	18206299,92			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%	
Intercepción	44,49864386	83,98664764	-0,52982998	0,609049848	234,4896404	-	145,492353	-234,48964	145,492353
3	10,3818604	0,368693323	28,15852567	4,36845E-10	9,54781816	11,2159026	9,54781816	11,2159026	

Fuente: Elaboración propia

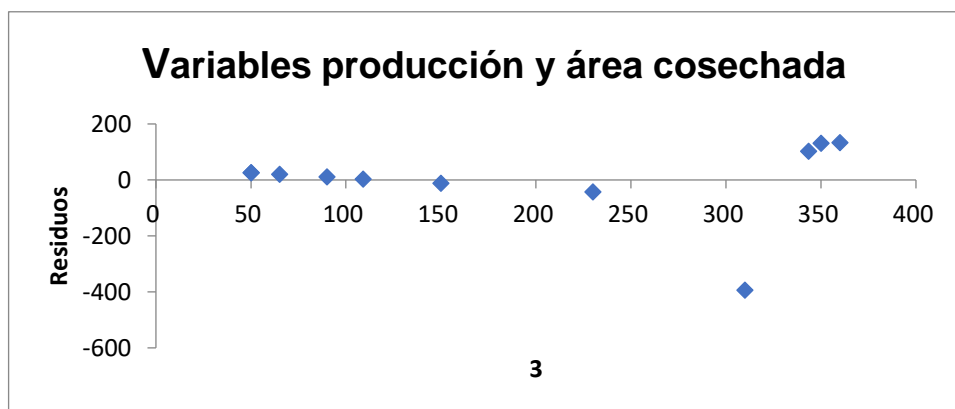
En el siguiente gráfico se muestra el pronóstico se muestra la curva regresión ajustada, según el modelo de regresión lineal múltiple.

Gráfico 12 Modelo de regresión lineal múltiple se utilizaron las variables producción y área cosechada



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 13 Modelo de regresión lineal múltiple - Residuales



Fuente: Elaboración propia

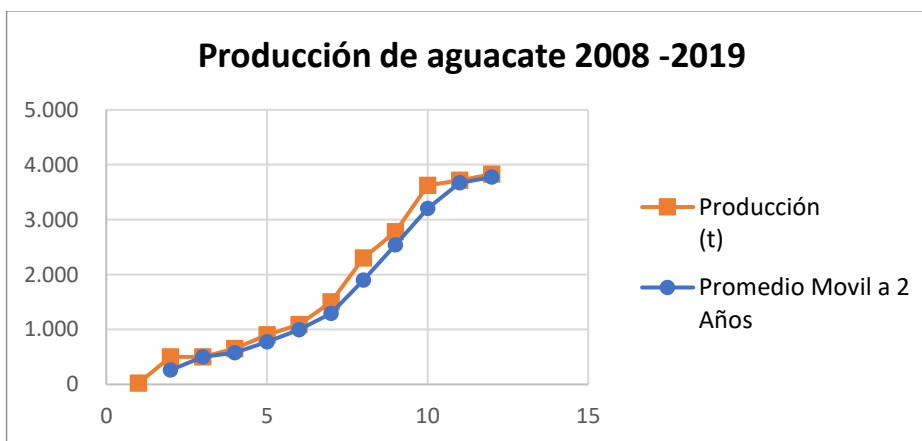
### 7.3.3 Modelos de series de tiempo:

En los siguientes modelos se consideran los siguientes métodos.

#### 7.3.3.1 Método de los Promedios:

Para el método de promedio se considera la producción de aguacate desde el año 2008 hasta el año 2019, mostrando los siguientes resultados.

Gráfico 14 Modelo por promedios a 2 años

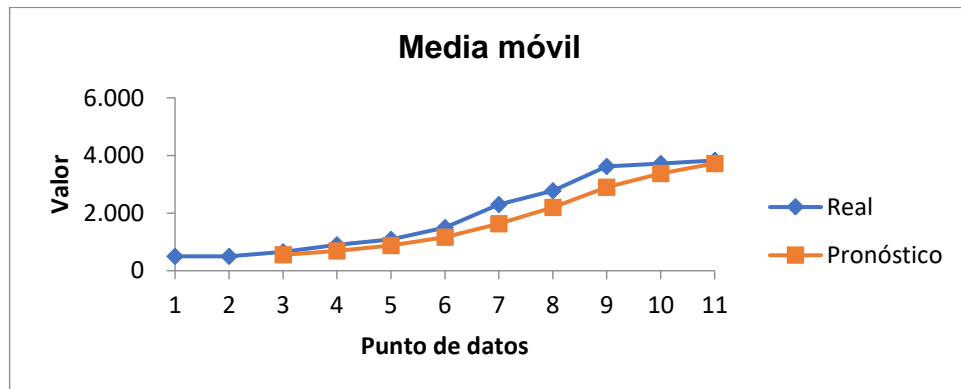


Fuente: Elaboración propia

Observamos que el pronóstico del crecimiento de la producción de aguacate Hass en este periodo se comporta de manera lineal según los datos analizados

Adicionalmente, se considera también el promedio móvil a tres y cinco años, el cual presenta los siguientes resultados:

Gráfico 15 Modelo por promedios a 3 años



Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. METODO DE PROMEDIO MÓVIL A DOS, TRES Y CINCO AÑOS

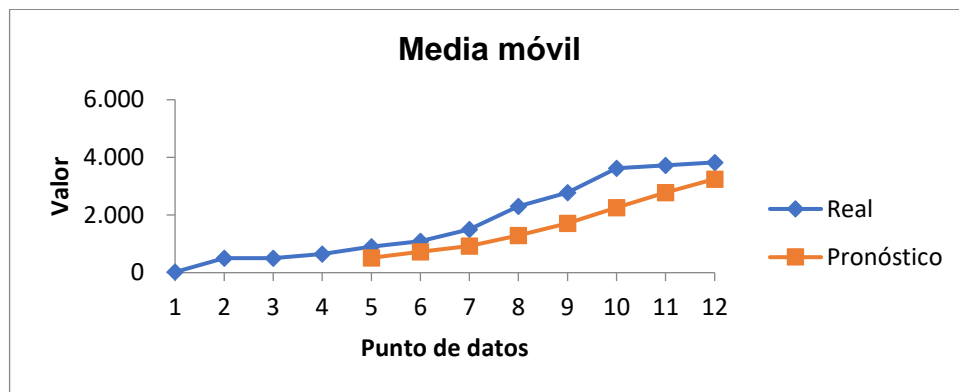
AÑO	PERIODO	2 AÑOS	PRONÓSTICO	3 AÑOS	PRONÓSTICO	5 AÑOS	PRONÓSTICO
		PRODUCCIÓN		PRODUCCIÓN		PRODUCCIÓN	
1	2008	21		21		21	
2	2009	500		500		500	
3	2010	500	261	500		500	
4	2011	650	500	650	340	650	
5	2012	900	575	900	550	900	
6	2013	1.090	775	1.090	683	1.090	514
7	2014	1.500	995	1.500	880	1.500	728

8	2015	2.300	1.295	2.300	1.163	2.300	928
9	2016	2.780	1.900	2.780	1.630	2.780	1.288
10	2017	3.624	2.540	3.624	2.193	3.624	1.714
11	2018	3.720	3.202	3.720	2.901	3.720	2.259
12	2019	3.826	3.672	3.826	3.375	3.826	2.785
13	2020	3.672	3.773	3.375	3.723	2.785	3.250
14	2021	3.773	3.749	3.723	3.640	3.250	3.347
15	2022	3.749	3.723	3.640	3.641	3.347	3.441

Fuente: Elaboración propia

El método de los promedios móviles tampoco refleja la tendencia de la producción de aguacate Hass en el municipio de Herveo.

Gráfico 16 Modelo por promedios a 5 años



Fuente: Elaboración propia

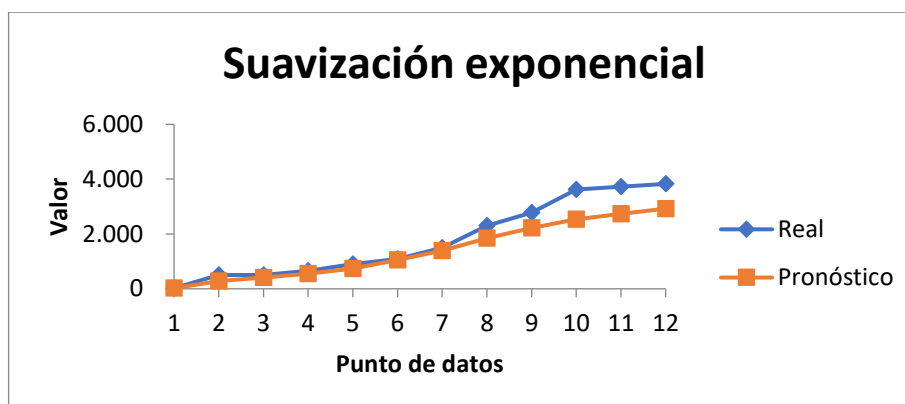
Los anteriores gráficos 12 y 13 por promedios a tres y cinco años respectivamente representan un crecimiento de la producción, no obstante, los pronósticos nos indican una producción inferior a la real. Únicamente, el promedio móvil a dos años indica una producción pronosticada superior a la producción real registrada.

Esto implica que pasados dos años se debe intervenir el cultivo para que la producción no disminuya y no se presenten pérdidas, sin decir que durante el periodo de dos años no se debe realizar el respectivo seguimiento al cultivo, pero si en los años siguientes.

### 7.3.3.2 Suavizamiento Exponencial Simple:

Al realizar la suavización exponencial en forma simple se observa un comportamiento similar a los modelos antes trabajados. El cual se aprecia en el siguiente gráfico.

Gráfico 17 Modelo Suavización Exponencial simple



Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Método De Suavización Exponencial Simple

			0,1	0,5	0,9
AÑO	PERIODO	PRODUCCIÓN	ALFA = 0,1	ALFA = 0,5	ALFA =0,9
1	2008	21			
2	2009	500	21	21	21
3	2010	500	69	261	452
4	2011	650	112	285	457
5	2012	900	166	381	596
6	2013	1.090	239	533	827
7	2014	1.500	324	665	1005
8	2015	2.300	442	912	1382
9	2016	2.780	628	1371	2114
10	2017	3.624	843	1704	2565
11	2018	3.720	1121	2234	3346

12	2019	3.826	1381	2421	3460
13	2020	3460	1626	2604	3582
14	2021	3582	1809	2543	3277
15	2022	3277	1986	2696	3405

*Fuente: Elaboración propia*

Este método se obvia por cuanto no refleja la verdadera tendencia de la producción del Aguacate Hass el municipio de Herveo.

#### 7.4 PROPUESTA DE MODELO

El modelo al ser explicativo, relaciona una variable que es pronosticada con otras que depende de ella, donde al modificar una se afecta los productos del sistema de forma predecible, presumiendo la correlación constante que existe.

Las variables dependientes en este caso serían la producción, que se ve reflejada por la tendencia de algunos de los agricultores a cambiar sus cultivos actuales por la siembra del aguacate Hass aumento a través del tiempo sus áreas de cosecha. El precio también por lo general depende del transcurrir de los años por el IPC que aumenta cada año en nuestro país. Por ende, las ventas dependen de la producción que es la Oferta como tal al mercado y precio de venta. La variable independiente son los años a analizar.

Como es un estudio lineal se parte de la Ecuación de la Recta

$$Y = a X + b \quad (\text{Ecuación 1})$$

y partiendo de la fórmula se obtienen las siguientes:

$$\sum Y = a \sum X + nb \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$\sum Y = a \sum X^2 + b \sum X \quad (\text{Ecuación 3})$$

De estas ecuaciones se pueden hallar los valores de  $\sum Y$ ,  $\sum X$ ,  $\sum X^2$  y el valor de n, Luego tenemos 2 Ecuaciones con dos incógnitas a y b. Por álgebra resolvemos y Hallamos dichos valores y como la variable dependiente es Y (producción), con los valores de los años (X) se hace la respectiva predicción en la Ecuación 1.

En la siguiente figura se muestra un pronóstico de serie cuantitativo explicativo en el sistema de producción de aguacate Hass en el municipio de Herveo Tolima, manejando las variables de producción anual y de área cosechada. Además, se utilizarán las variables del área de precio que permitan determinar el rendimiento en espacio y en económico para los agricultores.

*Ilustración 5 Modelo de Pronóstico Predictivo del Aguacate Municipio de Herveo Tolima*



*Fuente: Elaboración propia*

La variable pronosticada de la oferta derivada del nivel de otras variables relacionadas como la producción y el rendimiento, permiten hacer pronósticos; pues, al conocer la producción anual se puede proyectar la oferta del siguiente año y el promedio del precio.

El modelo pronóstico predictivo cuantitativo explicativo de series de tiempo, permite determinar la oferta o la demanda; para pronosticar datos históricos en un lapso de tiempo seleccionado y conocer los pros y contras que intervienen. Para el pronóstico de serie cuantitativo explicativo en el sistema de producción de aguacate Hass en el municipio de Herveo Tolima, manejando las variables de producción, oferta y precio y el área de sembrado y cosecha para determinar el rendimiento económico y fisiológico y la producción anual.

**Tabla 13 Variables para elaborar un pronóstico predictivo de series de tiempo del Aguate Municipio de Herveo Tolima**

<b>AÑO</b>	<b>Precio \$/KG</b>	<b>Producción</b>	<b>Ventas Esperadas</b>
2008	\$ 3.722,50	21	\$ 78.172.500,00
2009	\$ 3.746,92	500	\$ 1.873.458.333,33
2010	\$ 3.310,00	500	\$ 1.655.000.000,00
2011	\$ 3.000,00	650	\$ 1.950.000.000,00
2012	\$ 3.497,71	900	\$ 3.147.942.857,14
2013	\$ 3.187,58	1.090	\$ 3.474.465.833,33
2014	\$ 3.276,00	1.500	\$ 4.914.000.000,00
2015	\$ 3.580,58	2.300	\$ 8.235.341.666,67
2016	\$ 3.924,58	2.780	\$ 10.910.341.666,67
2017	\$ 4.209,00	3.624	\$ 15.253.416.000,00
2018	\$ 4.784,75	3.720	\$ 17.799.270.000,00
2019	\$ 4.591,00	3.826	\$ 17.566.477.714,29
2020	\$ 4.910,25	3.926	\$ 19.276.238.571,43
2021	\$ 5.101,25	4.027	\$ 20.542.005.000,00
2022	\$ 5.292,25	4.128	\$ 21.846.408.000,00

Fuente: Elaboración propia.

## 8. CONCLUSIONES

Los resultados encontrados permiten establecer que el rendimiento económico y fisiológico de la producción del cultivo de aguacate Hass en el municipio de Herveo Tolima, están determinados por las variables de producción de tonelada por año y el área sembrada por hectárea, con las cuales se puede establecer una relación directa con la oferta del aguacate en el municipio.

- Cumpliendo con el objetivo general:

El análisis predictivo permite observar un incremento en la producción del aguacate Hass, en el mediano plazo (tres años), tratando de optimizar el uso de las tierras aptas para este cultivo.

- Cumpliendo con el objetivo 1:

Se tiene claro que las variables que intervienen en la producción del aguacate Hass son: El área sembrada y cosechada, el rendimiento el precio, su producción en sí y la oferta del mismo.

- Cumpliendo con el objetivo 2:

El área sembrada y cosechada en los últimos años están bastante correlacionadas y lentamente se está optimizando las tierras aptas para el cultivo del aguacate Hass, según los análisis de regresión y correlación de los datos históricos obtenidos de información suministrada en el portal Agronet del Ministerio de Agricultura.

El rendimiento de la producción también se está incrementando a un muy buen nivel debido a la tecnificación de los cultivos que se está implementando en el municipio.

- Cumpliendo con el objetivo 3:

El nivel de Oferta proyectado del aguacate Hass se ve reflejado en las proyecciones a mediano plazo basado un modelo de Regresión lineal (Series de tiempos), donde se nota claramente su tendencia lineal a través de los años, debido a que el agricultor de Herveo tiene una inclinación hacia el cultivo del aguacate Hass por todos sus beneficios, entre ellos la producción de una mata de aguacate Hass aumenta a través del tiempo hasta llegar a un tope de carga después de varios años. Analizando la tabla de proyección la producción para el año 2021 será de 4.027 toneladas y para el año 2022 se ofertará 4.128 toneladas aproximadamente.

Además, con base en los modelos analizados, es posible concluir que la producción de aguacate Hass durante los años analizados presenta un comportamiento lineal, no obstante, la producción pronosticada es inferior la producción real registrada, lo cual indica que el cultivo puede presentar pérdidas en un mediano a largo plazo si no se realiza el debido seguimiento e intervención.

El análisis de los datos históricos encontrados y la evaluación de los modelos, permite confirmarla hipótesis planteada, respecto a que la oferta del aguacate tienen una correlación alta con la producción, el rendimiento y el precio de éste, no sólo en el municipio de Herveo, si también a nivel regional, nacional e internacional, debido a de acuerdo a su producción por toneladas y su áreas cosechada se determina su rendimiento y por ende su oferta que afecta directamente el precio al momento de la venta por parte del agricultor y de compra del consumidor.

Luego la hipótesis planteada es cierta, ya que los estudios realizados demuestran la alta correlación entre las variables del producción, área cosechada y precio, que son superiores al 93%. (ver Gráfica 7 e Ilustración 4), donde gráficamente se nota la correlación de estas variables y el análisis estadísticos en Excel del Valor correlacional determinado del 99,52%

Con respecto a la correlación del rendimiento y producción no se puede determinar una correlación muy alta por cuanto el rendimiento de la tierra es similar a una constante (que en este caso tiende a ser óptima y estable).

- Cumpliendo con la pregunta problema:

¿Cómo favorece a la producción de aguacate Hass en el municipio de Herveo Tolima la implementación de un modelo predictivo de la oferta?

Finalmente, este proyecto puede establecer una mejora durante el proceso de producción mediante la predicción de la oferta del aguacate Hass del municipio de Herveo por medio del modelo propuesto, el resultado de este estudio permitirá establecer bases teóricas las cuales serán socializado por la Alcaldía Municipal de Herveo a través de la UMATA, y ésta hará las necesarias entre los agricultores y para que ellos encuentren un apoyo técnico y las bondades de la predicción de la producción y oferta del aguacate Hass que permitan tomar las mejores decisiones para los agricultores, como lo son:

1. Elegir el terreno de acuerdo a los nutrientes necesarios, disponibilidad de recursos hídricos, fácil acceso de vías.  
De acuerdo a lo establecido en la tabla 2 *“Requerimientos para el cultivo de aguacate Hass”* se puede ver cuáles son las características que debe tener el terreno para cumplir con los requisitos del cultivo.

2. Disponibilidad de semillas.
3. Examinar el tiempo de producción.  
Teniendo en cuenta los tiempos de siembra y la duración de esta, lo cual cabe recalcar que después de la siembra el cultivo dura un año para dar su primera cosecha.
4. Examinar la presencia de algún tipo de plaga que pueda invadir el cultivo.  
Con la ayuda de los representantes de la UMATA se puede verificar que en el terreno no se encuentre ningún tipo de plaga que pueda atacar contra la cosecha. Cabe resaltar que al momento de utilizar algún tipo de insecticida se debe tener en cuenta el menor daño posible de la cosecha como del medio ambiente (suelo y aire).
5. Con este estudio el agricultor puede proveerse para la producción y venta de su cultivo y así programarse en sus costos, gastos e ingresos operacionales, generando en él una mayor seguridad emocional y monetaria

Basándose en estas 5 decisiones iniciales que son primordiales al momento de comenzar la cosecha, el agricultor del municipio de Herveo tendrá las primeras herramientas teóricas para utilizarlas al momento de emprender nuevos cultivos o aumentar su área de siembra de aguacate Hass.

## **9. RECOMENDACIONES**

Para que los agricultores puedan estandarizar el rendimiento de producción del aguacate con la cadena a nivel nacional, es necesario apropiarse de la técnica de pronóstico de series, teniendo en cuenta un horizonte a mediano plazo, con una proyección máxima de 2 años y datos históricos actualizados.

Se recomienda que pasados dos años se realice una intervención al cultivo con el fin de acceder a una producción mayor a la pronosticada en los modelos, pues los modelos estadísticos indican que, pasados dos años, la producción disminuye en caso de no presentarse una intervención apropiada.

Además, es importante que los agricultores se organicen y mantenga actualizada una base de datos que les permite realizar pronósticos confiables, para mejorar la producción y por consiguiente la oferta y la tecnificación de los cultivos.

## BIBLIOGRAFÍA

BARACALDO VELASCO, Yeimmy Yulieth, «PROPUESTA DE UN MODELO DE PLANEACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN PARA LA POSTCOSECHA DE ALSTROEMERIA DE LA EMPRESA C.I. FLORES DE FUNZA S.A.S. FINCA BOSQUE,» Bogotá D.C., 2019, 35p. Trabajo de Grado (Ingeniero Industrial). Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. {En línea}. {29 Noviembre de 2020} disponible en <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/23598/1/PROPUESTA%20DE%20UN%20MODELO%20DE%20PLANEACI%C3%93N%20Y%20CONTROL%20DE%20LA%20PRODUCCI%C3%93N%20PARA%20LA%20POSTCOSECHA%20DE%20ALSTROEMER.pdf>

FRAUSTO ENRÍQUEZ, Jorge Humberto. Pronósticos de Ventas para la Administración Estratégica de los Recursos en una Empresa del Sector Automotriz. Instituto tecnológico y de estudios superiores de monterrey campus estado de México, Atizapán de Zaragoza, edo. México 2009. p. 31-33. Tesis que para optar el grado de maestro en ciencias con especialidad en ingeniería industrial. {En línea}. {6 diciembre de 2020} disponible en: [https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/569469/DocsTec\\_10231.pdf?sequence=1](https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/569469/DocsTec_10231.pdf?sequence=1)

Guía de productos fitosanitarios para la República Argentina. 1993.- Ed: Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes, República Argentina. 1167 pp

GOCHEZ LÓPEZ Emmanuel, ARRIOLA PADILLA Víctor, PEREA-ALCALÁ Alfredo, RESÉNDIZ MARTÍNEZ José Francisco y CAMACHO Alejandro. Insecticidas sistémicos para el control de DendroctonusadjuntusBlandford, 1897 en El Nevado de Toluca.Revista Mexicana de Ciencias Forestales Vol.6 (27): 50-63. ". {En línea}. {30 noviembre de 2020} disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v6n27/v6n27a5.pdf>

LÓPEZ ORDUÑO, R. F. (2007). Pronóstico de carga ingeniería electromecánica. Buenos Aires, Argentina: El Cid Editor. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/usta/34453?page=40>.

RUBIO GUERRERO German. Análisis multidimensional de los pronósticos organizacionales en las pymes industriales de Ibagué. Bogotá D.C. 2016. p. 18. UNIVERSIDAD SERGIO ARBOLEDA ESCUELA DE POSTGRADOS MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES, Proyecto de grado para optar el título de Magister en Producción y Operaciones. {En línea}. {2 diciembre de 2020} disponible en: <https://repository.usergioarboleda.edu.co/bitstream/handle/11232/896/An%C3%A1lisis%20multidimensional%20de%20los%20pron%C3%B3sticos.%20Pymes%20ind.%20Ibagu%C3%A9.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

ZEISSIG DÁVILA, Jorge Alberto. Modelo de Pronóstico y Planificación de la Producción de la Línea De Alto Movimiento de Fábrica de Recubrimientos Superficiales. Guatemala 2010. p. 10. UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, Trabajo de Grado (Ingeniero Industrial). {En línea}. {2diciembre de 2020} disponible en: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2193\\_IN.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2193_IN.pdf)

[ J. D. G. Sánchez, «Todo Estadística,» 2018. [En línea]. Available:

1 [https://todoestadistica.com/modelos-de-](https://todoestadistica.com/modelos-de-pronosticos/#:~:text=Los%20modelos%20de%20pron%C3%B3sticos%20son,base%20en%20la%20informaci%C3%B3n%20analizada..)

] [pronosticos/#:~:text=Los%20modelos%20de%20pron%C3%B3sticos%20son,base%20en%20la%20informaci%C3%B3n%20analizada..](https://todoestadistica.com/modelos-de-pronosticos/#:~:text=Los%20modelos%20de%20pron%C3%B3sticos%20son,base%20en%20la%20informaci%C3%B3n%20analizada..) [Último acceso: 15 10 2020].

[ P. e. TIEMPO, «CULTIVOS SEMESTRALES, ALTERNATIVAS DEL CLIMA CÁLIDO,» *EL TIEMPO*, p. 1, 2 7 5 2002.

]

[ Infoagro, «InfoAgro.com,» [En línea]. Available:

3 [https://www.infoagro.com/frutas/frutas\\_tropicales/aguacate2.htm](https://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/aguacate2.htm). [Último acceso: 27 11 2020].

[ G. E. D. O. E. y. F. M. DEVINE, «USO DE INSECTICIDAS: CONTEXTO Y CONSECUENCIAS,» *Rev Peru Med Exp Salud Publica*, vol. 25, nº 1, pp. 74-100, 2008.

]

[ «Boletín Agrario,» 2013. [En línea]. Available: <https://boletinagrario.com/ap-56,insecticida,480.html>.

]

[ «Hablemos Del Campo,» 2019. [En línea]. Available:

6 <https://www.hablemosdelcampo.com/insecticidas/>.

]

[ DANE, «Cuaderno de Cultura Científica,» 2014. [En línea]. Available:

7 <https://www.dane.gov.co/files/CensoAgropecuario/entrega-definitiva/Boletin-10-produccion/10-presentacion.pdf>. [Último acceso: 29 11 2020].

[ M. d. A. y. D. Rural, «Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural,» 09 2019. [En línea]. Available:

8 [https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/2019-09-](https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/2019-09-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf)

] [30%20Cifras%20Sectoriales.pdf](https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/2019-09-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf). [Último acceso: 02 12 2020].

[ «BIOENERGÍA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA,» 2014. [En línea]. Available:

9 <http://www.fao.org/3/a-bp851s.pdf>. [Último acceso: 16 10 2020].

]

[ A. d. Herveo, «Herveo Tolima,» [En línea]. Available: <http://www.herveo-tolima.gov.co/>.

1

0

]

[ COHEN y Roger, «DOCPLAYER,» [En línea]. Available: <https://docplayer.es/42912511-Gestion-1-de-recursos-fi-uba-pronosticos-ing-roger-cohen.html>. [Último acceso: 2 12 2020].

1

]

[ J. M. Izar, «ResearchGate,» 2007. [En línea]. Available:

1 [https://www.researchgate.net/publication/303650974\\_MODELOS\\_DE\\_PRONOSTICOS](https://www.researchgate.net/publication/303650974_MODELOS_DE_PRONOSTICOS).

2

]

[ F. VILLARREAL, «Unversida del sur,» 09 2016. [En línea]. Available:

1 [https://www.matematica.uns.edu.ar/uma2016/material/Introduccion\\_a\\_los\\_Modelos\\_de\\_Pro-3-nosticos.pdf](https://www.matematica.uns.edu.ar/uma2016/material/Introduccion_a_los_Modelos_de_Pro-3-nosticos.pdf). [Último acceso: 14 12 2020].

]

[ B. S. López, «Ingenieria Industrial Online,» 2019. [En línea]. Available:

1 <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/pronostico-de-la-demanda/suavizacion-4-exponencial-simple/>.

]

[ R. G. German, «ANÁLISIS MULTIDIMENSIONAL DE LOS PRONÓSTICOS ORGANIZACIONALES EN 1 LAS PYMES INDUSTRIALES DE IBAGUÉ,» Bogotá D.C., 2016.

5

]

[ Universidad del Rosario, «Universidad del Rosario,» [En línea]. Available:

1 <https://www.urosario.edu.co/observatorio-legislativo/Leyes-sancionadas1/Documentos-6-2016/resumen-ley-1776/>.

]

[ E. C. d. Colombia, «Sistema Único de Información Normativa,» 2017. [En línea]. Available:

1 <http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Leyes/30034416>.

7

]

[ E. C. d. Colombia, «Sistema Único de Información Normativa,» 2014. [En línea]. Available:

1 <http://www.suin->

8 [juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Leyes/1687378#:~:text=LEY%201731%20DE%202014](http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Leyes/1687378#:~:text=LEY%201731%20DE%202014)

] &text=(julio%2031)-

,por%20medio%20de%20la%20cual%20se%20adoptan%20medidas%20en%20materia,de%20In  
vestigaci%C3%B3n%20Agropecuaria%20(Corpoica)..

[ E. P. d. I. R. d. Colombia, «Sistema Único de Información Normativa,» [En línea]. Available:

1 <http://www.suin-juriscal.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/30019931>.

9

]

[ R. F. C. & B. P. Hernández Sampieri, Metodología de la Investigación 6° Edición, Mexico:

2 McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2014.

0

]

[ Y. Sarduy Domínguez, «El análisis de información y las investigaciones cuantitativa y

2 cualitativa,» *Revista Cubana de Salud Pública*, Vols. %1 de %2 vol. 33,, nº núm. 3, p. 7, 2007.

1

]

[ J. Yabrudy, «Banco de la República,» 08 2012. [En línea]. Available:

2 <https://www.banrep.gov.co/es/node/27797>.

2

]

[ Gastronomía, «Colombia.com,» 26 07 2019. [En línea]. Available:

2 [https://www.colombia.com/gastronomia/noticias/el-aguacate-hass-que-mas-se-produce-en-](https://www.colombia.com/gastronomia/noticias/el-aguacate-hass-que-mas-se-produce-en-3)

3 [colombia-es-antioqueno-236294](https://www.colombia.com/gastronomia/noticias/el-aguacate-hass-que-mas-se-produce-en-3).

]

[ ICA, «ICA,» 12 10 2017. [En línea]. Available:

2 <https://www.ica.gov.co/noticias/agricola/productores-de-aguacate-hass-deben-registrar-los-p>.

4 [Último acceso: 20 11 2020].

]

[ «IONOS,» 2019. [En línea]. Available: [https://www.ionos.es/startupguide/gestion/oferta-y-](https://www.ionos.es/startupguide/gestion/oferta-y-2)

2 [demanda/](https://www.ionos.es/startupguide/gestion/oferta-y-2).

5

]

[ «El Tiempo,» 2002. [En línea]. Available:

2 [https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-](https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-6)

6 [1337132#:~:text=Se%20entiende%20por%20cultivo%20semestral,nivel%20de%20productivida](https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-6)

]

d%20son%20diferentes..

[ H. G. Cardenas, «Slideshare,» 2015. [En línea]. Available:  
2 [https://es.slideshare.net/ector\\_03/pronosticos-51204204](https://es.slideshare.net/ector_03/pronosticos-51204204).

7

]

[ «Celeberrima,» [En línea]. Available: <https://www.celeberrima.com/ejemplo-y-formula-ultimo-2-dato-pronostico/>.

8

]

[ B. V. Y. Yulieth, «PROPUESTA DE UN MODELO DE PLANEACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN  
2 PARA LA POSTCOSECHA DE ALSTROEMERIA DE LA EMPRESA C.I. FLORES DE FUNZA S.A.S. FINCA  
9 BOSQUE,» 2019. [En línea]. Available:

] <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/23598/1/PROPUESTA%20DE%20UN%20MODELO%20DE%20PLANEACI%C3%93N%20Y%20CONTROL%20DE%20LA%20PRODUCCI%C3%93N%20PARA%20LA%20POSTCOSECHA%20DE%20ALSTROEMER.pdf>. [Último acceso: 24 11 2020].

[ Y. Y. B. Velasco, «PROPUESTA DE UN MODELO DE PLANEACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN  
3 PARA LA POSTCOSECHA DE ALSTROEMERIA DE LA EMPRESA C.I. FLORES DE FUNZA S.A.S. FINCA  
0 BOSQUE,» Bogotá D.C., 2019.

]

[ D. E. E. O. & M. J. F. GREGOR J. DEVINE, «USO DE INSECTICIDAS: CONTEXTO Y CONSECUENCIAS  
3 ECOLÓGICAS,» *Rev Peru Med Exp Salud Publica.* , vol. 25, nº 1, pp. 74-100, 2008.

1

]