

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ciencias Sociales y Humanísticas

Desarrollo de técnicas de agricultura de precisión, valoración económica y evaluación de modelo de negocio para el cultivo de maíz (Zea Mays).

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Economista

Presentado por:

Alvaro Ricardo Franco Tutiven

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2019

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mis padres, por mostrar siempre su apoyo incondicional. A mi madre, María Angélica Tutiven Alvarado por nunca dejarme desistir y empujarme hacia el éxito y el gran amor que siempre demuestra hacia su familia. A mi padre, Walter Franco por siempre ser un soporte durante todo mi trayecto de estudiantil y por el gran cariño por sus hijos.

Alvaro Franco Tutivén

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Alvaro Ricardo Franco Tutiven* y doy mi consentimiento para que la ESPOI realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Álvaro Ricardo Franco Tutivén

EVALUADORES



Msc. Mariela Pérez Moncayo
PROFESOR DE LA MATERIA



Msc. Mariela Pérez Moncayo
PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El presente escrito tiene como objetivo principal, determinar la estructura de costos de la producción de maíz para los pequeños agricultores, así como también, identificar los principales agentes económicos que están presentes en la cadena productiva de este. Como herramienta adicional se propone un modelo autoregresivo de proyección de precios del maíz. En el primer capítulo se detalla la introducción general, descripción y justificación del problema, los objetivos de estudio tanto general como específicos. El segundo capítulo contiene la revisión literaria y una revisión de los distintos conceptos a utilizarse durante el desarrollo de este escrito, el tercer capítulo se basa en el análisis de la metodología aplicada, es decir, los conceptos a aplicarse para la estimación de los costos producción y la estimación precios de maíz. En esta sección también exploramos las entrevistas realizadas a los pequeños productores las cuales nos proveen información relevante sobre su situación y como esta se relaciona con el análisis del entorno económico. Por último, se detallan las conclusiones y recomendaciones en el capítulo cuarto.

Palabras Clave: Maíz amarillo, Agricultura de precisión, Pronóstico de precios, Pequeños agricultores

ABSTRACT

The present written document, has as principal objective, the determinations of the cost structure for small maize producers, this work also identifies, the principal agents that governs over the productive chain of maize. As an additional tool we propose an autoregressive model for the projection of the prices of maize. In the first chapter we detail the general introduction, the description of the problem and it's justification, the general objectives of this study as well as it's specific objectives. The second chapter contains the literary review and a review of the different concepts to be used during the development of this writing, the third chapter is based on the methodology applied and it's analysis, that is, the concepts to be applied for the estimation of production costs and the estimation corn prices. In this section we also explore interviews with small producers, which provide us with relevant information about their situation and how this is interacts with the economic environment analysis. Finally, the conclusions and recommendations are detailed in the fourth chapter.

Palabras Clave: Yellow Maize, Precision Agriculture, Price Estimation, Small Maize Producers

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	IV
RESUMEN.....	5
ABSTRACT.....	6
ABREVIATURAS.....	9
ÍNDICE DE TABLAS.....	10
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	11
CAPÍTULO 1.....	12
1. Introducción.....	12
1.1 Descripción del problema	13
1.2 Justificación del problema.....	13
1.3 Objetivos	14
1.3.1 Objetivo General	14
1.3.2 Objetivos Específicos.....	14
1.4 Marco teórico	14
1.4.1 Agricultura de Precisión	14
1.4.2 Economía Agrícola	18
1.4.3 Microeconomía Agrícola	19
1.5 Valoración Financiera	20
1.5.1 Valor Presente Neto	21
1.5.2 Tasa interna de retorno.....	21
1.5.3 Análisis costo beneficio.....	22
1.6 Series de tiempo.....	22
1.6.1 Modelos Estocásticos Univariados de Series Tiempo	23
1.6.2 Modelos Autoregresivos	23
1.6.3 Modelos de Medias Móviles	24
CAPITULO 2.....	24
2. Metodología.....	24
2.1 Tipo de Investigación.....	24
2.2 Justificación del método seleccionado.....	24

2.2.1	Costo Beneficio	24
2.2.2	Modelos Autoregresivos	25
2.3	Análisis Experimental	26
2.4	Entrevistas a pequeños agricultores	27
CAPITULO 3.....		27
3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	27
3.1	Análisis del Entorno Económico.....	27
3.2	Análisis de resultados por entrevistas.....	28
3.2.1	Situación Actual	28
3.2.2	Acceso al crédito.....	28
3.2.3	Decisiones de producción.....	29
3.2.4	Tecnologías de producción	29
3.3	Análisis Costo-Beneficio	29
3.4	Modelo Autoregresivo	33
CAPITULO 4		35
4.	Conclusiones y recomendaciones.....	35
4.1	Conclusiones	35
4.2	Recomendaciones.....	36
Bibliografía.....		38
APÉNDICES.....		39
ANEXO A		39
ANEXO B.1		39
ANEXO B.2		40

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FCV	Facultad de Ciencias de la Vida
FCSH	Facultad de Ciencias Sociales y Humanísticas
BCE	Banco Central del Ecuador
SCVS	Superintendencia de Compañías Valores y Seguros
GEA	Granja Experimental Agrícola
AP	Agricultura de Precisión
SIPA	Sistema de Información Pública Agropecuaria
MAGAP	Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca
ACB	Análisis Costo-Beneficio
TIR	Tasa Interna de Retorno
VAN	Valor Actual Neto

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Costos de producción por hectárea en GEA	30
Tabla 3.2 Costos de producción por hectárea con baja tecnificación.....	31
Tabla 3.3 Inversión en análisis con drones.	32
Tabla 3.4 Comparación de Beneficios.....	33
Tabla 3.5 Modelos Autoregresivos	33

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1 Dron sobrevolando un cultivo de maíz	15
Ilustración 1.2 Procesamiento espectral de imágenes	17
Ilustración 1.3 Mediciones obtenidas del análisis de imágenes.	18

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La producción de maíz es el de mayor área sembrada y cosechada del mundo. Un detalle importante de este cultivo, es el de contar con la más amplia cantidad de países participantes en su producción. Su producción como materia prima (grano), los productos derivados, la tecnología para la producción del cereal son elementos presentes entre las negociaciones entre países y bloques del mundo (MAIZAR, 2011). Anualmente la producción se estima 1.074 millones de toneladas en grano que se cultiva en una superficie de 162 millones de hectáreas.

Ecuador es un país con una importante participación agrícola en su actividad económica, esta actividad representaba el 8.9% (BCE, 2019) del PIB en el año 2018 y sirve como uno de los principales proveedores de materias primas para el sector de manufactura. Esta industria presenta una creciente necesidad de implementar nuevas tecnologías dentro del ámbito productivo para mejorar la eficiencia en la asignación de recursos. La tecnología en todos sus ámbitos ha tenido un importante efecto positivo en el desarrollo de las industrias, por esto es importante dedicar recursos para investigar, difundir e implementar nuevas tecnologías que propicien el desarrollo de la agricultura en Ecuador. Sin embargo, en el Ecuador la implementación de nuevas tecnologías que busquen maximizar y mejorar la producción ocurre de manera muy pausada, se da en su mayoría por la falta de conocimiento de los agricultores o por no tener una noción técnica de su aplicación en los cultivos, lo cual priva de los beneficios a una gran porción de agricultores, sin saber las ventajas que puede proporcionar la aplicación de tecnología y nuevos sistemas de producción, como lo es, la agricultura de precisión (AP).

Entre los cultivos de mayor relevancia en la economía ecuatoriano, se encuentra el maíz amarillo duro (*Zea Mays*). Para el año el año 2018 la superficie sembrada de maíz era de 217.900 hectáreas, de este total el 67% se encontraba en las

provincias de Los Ríos y Manabí (MAGAP, 2018). Sin embargo, para Ecuador la producción nacional promedio apenas es de 5,65 toneladas por hectárea, (EL COMERCIO, 2018). Países vecinos como México y Uruguay registraron rendimientos promedios de 6,4 ton/ha. y 7,6 ton/ha. para el año 2019 respectivamente (Tardaguila Agromercados., 2019).

Expuestos los motivos se vuelve evidente buscar desarrollar metodologías que permitan que este cultivo se vuelva más productivo para el desarrollo prospero de la nación y que sean capaces de generar un efecto spill-over sobre la adopción de esta tecnología hacia otros tipos de cultivos.

1.1 Descripción del problema

En la actualidad los pequeños productores de maíz pertenecientes a la provincia del Guayas realizan una agricultura convencional o tradicional, la cual, se desarrolla con conocimiento local y saberes ancestrales para el manejo agronómico del cultivo de maíz. De este modo, la toma de decisiones acertadas en la producción de maíz, requiere herramientas para la predicción y optimización de rendimientos (Rueda Ayala, Kunapuli, & Manguashca, 2015).

El estudio de Perspectivas de la agricultura y desarrollo rural en las Américas (CEPAL, 2019), menciona que el uso de nuevas tecnologías son clave para el transformación rural y agrícola hacia el desarrollo sostenible. Tales tecnologías mencionadas en el informe son: Drones, Robots, BigData, Cloud Computing entre otros.

Una forma de innovación tecnológica es la aplicación de técnicas de agricultura de precisión que facilita la toma de decisiones en la producción de los cultivos. El potencial de dichas técnicas consiste en el aumento de rendimiento, a través, del uso eficiente de la cantidad de agroquímicos aplicados en el suelo y en el cultivo reduciendo costos en términos de producción y de contaminación ambiental (PROCISUR).

1.2 Justificación del problema

El problema identificado consiste, en que los pequeños productores maiceros desconocen los beneficios que brindan las técnicas de agricultura de precisión

particularmente el uso de drones en la aplicación de fertilizantes, dado que los sistemas tradicionales de producción tratan las propiedades agrícolas de forma homogénea aplicando un mismo tratamiento por igual. Esto produce un mal manejo de los insumos agrícolas, lo que conlleva a bajos rendimientos, menores ganancias e impactos negativos en el ambiente. A su vez, la agricultura tradicional es altamente vulnerable a diferentes eventos naturales como lo son el fenómeno de El Niño que afecta anualmente a nuestro país, así como a la presencia de enfermedades y plagas que cada vez son más nocivas y resilientes a los controles de plagas tradicionales. Por lo tanto, se plantea la implementación de nuevas tecnologías como alternativas de manejo, monitoreo y control de los cultivos agrícolas.

En este contexto, la implementación de la agricultura de precisión significaría para el Ecuador un avance en la adopción de nuevas tecnologías que fortalezcan el crecimiento y desarrollo del sector.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Estructurar la metodología para la valoración del proyecto de agricultura de precisión mediante un análisis costo-beneficio.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analizar los costos y beneficios de aplicar la agricultura de precisión como adopción de una nueva tecnología y sistema de producción.
- Describir la situación actual de la cadena de producción de maíz amarillo para los pequeños agricultores en el Ecuador.
- Estimación del precio del maíz amarillo duro mediante modelos autoregresivos.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Agricultura de Precisión

La agricultura de precisión es un concepto de la agroindustria que se basa en la gestión de parcelas agrícolas, basada en la premisa de que existe una

variabilidad en las tierras cultivables. Requiere el uso de las tecnologías de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), sensores e imágenes, junto con Sistemas de Información Geográfico, para poder gestionar, evaluar y comprender las variaciones. La información que provee esta metodología puede ser utilizada para evaluar con mayor precisión la cantidad óptima de densidad de siembra, estimar el uso de fertilizante, fechas apropiadas de fertilización y demás variables que permiten predecir con mayor eficiencia el rendimiento de los cultivos, (Agricultura Moderna, 2017).



Ilustración 1.1 Dron sobrevolando un cultivo de maíz

Con la información que se obtiene de la utilización del conjunto de softwares, hardware y conocimiento agrícola permiten a los dueños de fincas o haciendas, una mejora sobre la administración de sus cultivos, permitiendo:

- Aumento en productividad: Con la posibilidad de detectar de forma preventiva las enfermedades en las plantaciones, se puede combatir las mismas en fases en las que no afecte al resto de las parcelas.
- Combatir plagas: Se puede identificar con mayor precisión las zonas afectadas por plagas y evitar la propagación.
- Reducción de costos: Con la información recopilada y la identificación geográfica se puede establecer con mayor precisión el uso de los recursos como fertilizantes, pesticidas y riego.

- Identificación y mapeo: Se pueden crear mapas de las parcelas, sobre las cuales se pueden identificar zonas en las que se tenga que realizar análisis para profundizar sobre los valores de las variables a analizar.

Desde un punto de vista económico, el potencial de la agricultura de precisión es el de reducir los costos en la producción, aumentar la productividad y hacer un uso más eficiente de los factores de producción.

Las ventajas de la agricultura de precisión no están limitada a un tipo de cultivo. En este caso de estudio, analizaremos el desarrollo del cultivo de maíz amarillo duro (*Zea Mayz*), bajo las condiciones climáticas de la región litoral del Ecuador en particular de la provincia del Guayas.

1.4.1.1 Índices de Vegetación (NDVI)

Los índices de vegetación, son transformaciones matemáticas de distintas mediciones digitales almacenadas en dos o más bandas espectrales de la misma imagen que permiten estimar la cantidad, calidad y desarrollo del cultivo, así como también medir la erosión del suelo. El índice de vegetación NDVI es usado extensamente por los expertos de la agroindustria. Los índices de vegetación nos permiten delinear la distribución de la vegetación en el suelo, basado en la característica reflectantes de la vegetación verde. El NDVI es un indicador numérico que puede ser usado para analizar remotamente los datos y emitir un dictamen, si el área objetivo presenta vegetación sana o deficiente. Esto lo realizan midiendo pixel a pixel las variaciones del espectro de luz rojo. (Gandhi, 2015).



Ilustración 1.2 Procesamiento espectral de imágenes

1.4.1.2 Tecnología: Software y Hardware

La agricultura de precisión se sirve de las nuevas tecnologías para obtener información confiable para su análisis y uso, tal es el caso de los Drones, los cuales son definidos como vehículos aéreos no tripulados, los Drones se manejan a distancia a través de control remoto o software que previamente trazan una ruta predefinida. Están equipados con cámaras, GPS y otros accesorios que les permiten obtener información para realizar los análisis de las plantaciones agrícolas.

Los Drones, recopilan una importante cantidad de información sobre el campo, la cual le permite tomar decisiones a los administradores de los cultivos, para esto se necesita del uso de algoritmos, aplicaciones o software.



Ilustración 1.3 Mediciones obtenidas del análisis de imágenes.

En nuestro caso de estudio se utilizará un Dron mediante el cual se tomará fotos infrarrojas sobre los cultivos, para su posterior análisis mediante un software que analiza el Índice de vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), este índice es ampliamente utilizado para medir la salud de las plantas, permitiendo diferenciar la vegetación sana de aquella que se encuentra en condiciones no óptimas o condiciones de estrés, debido a condiciones del suelo o plagas.

Para hacer uso de esta información como es el objetivo de este estudio, se propone identificar las necesidades particulares de los suelos y hacer las modificaciones necesarias para que la evolución de los cultivos se desarrolle de manera óptima.

1.4.2 Economía Agrícola

La economía agrícola trata de los problemas del agricultor en cuanto a que producir y como producirlo y su posterior comercialización, con el fin de obtener la mayor utilidad posible. Específicamente, la economía agrícola trata sobre la mejor selección y combinación de los factores productivos de tierra, equipos, e insumos agrícolas; de los cultivos que va a desarrollar y las cantidades que va a emplear. En estas condiciones el agricultor será sujeto de los efectos de los precios de venta de los insumos, maquinaria, costos de operación, el trabajo, la tierra y a los precios de venta de los productos. De ahí surge la necesidad de que la economía agrícola necesariamente debe aplicar los principios y las técnicas de la economía general, considerando que los problemas de la agricultora no son independientes del resto de la economía y que existe una

relación, siendo que la industria agrícola es la principal proveedora de materias primas para otras industrias como lo son, la industria alimenticia.

El desarrollo económico de los países pasa generalmente de un proceso de desarrollo agrícola al de industrialización y para llegar a esta etapa se necesita aumentar los ingresos provenientes de la agricultura. La importación de maquinarias para la industria, por ejemplo, deberá ser financiada con los recursos aportados por la comercialización y exportación agrícola. Por otro lado, mientras más amplio es el mercado de consumo de un país, las posibilidades de desarrollo industrial son mayores.

Uno de los requisitos más importantes para acelerar el desarrollo agrícola es la capacitación permanente de los agricultores y la adopción de nuevas tecnologías. Así, poco a poco el agricultor ha dejado los viejos métodos de cultivo y ya no depende únicamente de las condiciones de la Naturaleza. Los sistemas de riego, el control de plagas, el uso de fertilizantes y el uso de maquinaria son utilizados con más frecuencia en labores del campo con la finalidad de obtener mayores rendimientos. La investigación científica y la divulgación de los resultados siguen ampliando la base del desarrollo agrícola. Pero existen también condiciones que el agricultor no puede cambiar y sobre las cuales depende el resultado de su trabajo: los cambios de estaciones, la incidencia de luz solar, las lluvias y otros factores sobre los cuales no tiene ningún dominio y que, sin embargo, debe tomarlos en cuenta en las estimaciones de riesgo.

La economía agrícola es, pues, una ciencia aplicada a la solución de los problemas económicos de la agricultura, los cuales deben ser identificados, descritos y clasificados antes de ser resueltos.

1.4.3 Microeconomía Agrícola

En referencia a la microeconomía, se deben conocer los aspectos técnicos y conceptos. La producción: entiéndase producción como cualquier proceso de transformación de materias primas en bienes y servicios (Huicochea Alsina, 1994). Así, el concepto de producción permite dar una unidad de tratamiento a diversos problemas de la economía agrícola.

Los factores de producción: se considera el nivel básico de los factores originarios de producción, tierra, trabajo, capital. Se entiende por factor de producción a todo recurso económico que interviene en la función de producción. Las empresas enfrentan diversos desafíos al momento de tomar decisiones que afectan su conducta, estos desafíos están relacionados principalmente con los clientes, los competidores y el medio. El medio impone sus restricciones, puesto que las facilidades o desafíos varían de una zona geográfica a otra, y por consiguiente existen ciertas formas viables de producir bienes a partir de una combinación de factores productivos y tipos de tecnología (Varian, 1999).

1.5 Valoración Financiera

Una empresa tiene distintas apreciaciones de valor para diferentes compradores y vendedores. El valor de los productos o servicios tiende a confundirse con el precio, que es la cantidad acordada entre compradores y vendedores al momento de realizar una transacción de una compraventa de una empresa. Esta diferencia del valor de una empresa puede explicarse de múltiples formas. Una empresa extranjera desea comprar localmente a una empresa, para aprovechar su posicionamiento de marca. Por su parte el empresario local, valora los recursos que posee actualmente, maquinaria, instalaciones, capital de trabajo. Por un lado tenemos la posición del comprador que busca determinar el valor máximo que está dispuesto a pagar por adquirir dicha empresa, mientras que el local debe encontrar el valor mínimo al que debería vender sus instalaciones, (Fernandez, 2008). Una empresa puede también tener distintas valoraciones para distintos compradores por razones más variadas, como puede ser las expectativas futuras del sector al que pertenece, economías de escala o economías de complementariedad.

Para poder calcular el valor de una empresa se emplea un modelo que permite encontrar un rango de precios en el cual se encuentra la empresa, además se considera un instrumento de evaluación de resultados de la empresa (Sarmiento, 2002).

La valoración económica nos otorga una herramienta para aproximar el valor económico de una firma partiendo de información disponible, como son los estados financieros, expectativas futuras del sector, infraestructura, leyes entre

otros. Esta valoración se realiza con el propósito de brindar una herramienta para los accionistas y terceros interesados en esta información con la cual podrán conocer la situación de la empresa, procesos legales y mejorar la toma de decisiones. Lo que quiere decir que se multiplicará a todos los factores por una cantidad dada constante. Por ejemplo, si se utiliza el doble de cada uno de los factores, el volumen de la producción aumenta al doble, en este caso indicará que hay rendimientos constantes de escala (Varian, 1999)

1.5.1 Valor Presente Neto

El valor presente neto, es el método utilizado para evaluar los flujos esperados de una inversión de capital mediante la determinación del valor presente de todos los flujos a partir del primer periodo de la inversión restándole la inversión inicial total realizada en el periodo cero. Estos valores se descuentan a la tasa de rendimiento requerida por la empresa o el inversionista. Si el beneficio neto calculado es positivo, el proyecto se considera viable.

$$VAN = I_0 + \sum_{n=0}^t \frac{FC_t}{(1+i)^t} \quad (1.1)$$

1.5.2 Tasa interna de retorno

Es una herramienta para el análisis de rentabilidad de flujos de fondos, que se define como la tasa de descuento de los flujos en la que el valor presente neto se hace igual a cero. La TIR para proyectos de inversión de un proyecto es la tasa de descuento, que hace que el valor actual de los flujos de beneficio (positivos) se igual al valor actual de los flujos de inversión negativos. En forma matemática quiere decir que la diferencia de los flujos de efectivo esperados (ingresos) menos el valor actual de la inversión original, ambos descontados a la tasa interna del retorno (TIR) será igual a cero.

$$TIR = \sum_{n=0}^t \frac{FC_t}{(1+i)^t} - I_0 = 0 \quad (1.2)$$

1.5.3 Análisis costo beneficio

En el aspecto más amplio, el análisis costo beneficio sirve para tomar decisiones de una forma más racional. Más específicamente, el objetivo es tener una mejor colocación de los recursos de la sociedad. Como consecuencia, los analistas de gobiernos y analistas privados, se ven en la necesidad de efectuar estos análisis para la toma de decisiones de forma racional y efectiva

El análisis costo-beneficio (ACB) es un tipo de evaluación económica donde tanto los costos como los resultados de la implementación de un proyecto se valorarán en unidades monetarias. El objetivo primordial es el de obtener una estimación monetaria del beneficio alcanzado tras la implementación de un proyecto, tecnología, innovación, producto o servicio. Dado que este tipo de análisis valora los resultados obtenidos en unidades monetarias, permite las comparaciones entre las distintas intervenciones entre varios proyectos que, de no transformarse en unidades monetarias, resultaría muy complicado compararlas.

Existen dos tipos de análisis costo beneficios. El ex-ante, que es la forma estándar de realizar este análisis y se lo realiza antes de que el proyecto o política empiece o sea implementada. El análisis ex-ante ayuda en la decisión de si se deben destinar los recursos al proyecto o no. El análisis ex – post se lo realiza a la finalización de un proyecto y se lo realiza así, porque se sabe que ya todos los costos se han materializado en el sentido de que ya han sido pagados. De esta forma, el análisis ex – post es más amplio, pero menos inmediato. Provee información no solo acerca de una intervención particular, sino también sobre las características de estas intervenciones, (Weimer, 2014).

1.6 Series de tiempo

En estadística, se conoce como series de tiempo o proceso estocástico a una secuencia de variables aleatorias ordenadas en el tiempo. Cuando se obtiene una base de datos de serie de tiempo, se obtiene un valor posible, o una realización del proceso estocástico. Solo podremos ver una única realización ya que resulta imposible retroceder de nuevo y repetir el proceso subyacente de generación de los datos. Sin embargo, bajo ciertos cambios o condiciones

iniciales distintas, se podría obtener una realización diferente para el proceso estocástico y por ello se considera a los datos de series de tiempo como un resultado de variables aleatorias. El conjunto de todas las realizaciones posibles de un proceso de series de tiempo es equivalente a la población de análisis de datos de corte transversal. El tamaño de la secuencia de estos datos será determinado por el número de periodos que se observan las variables de interés (Wooldridge, 2009). En general una serie de tiempo se la puede descomponer en un componente de tendencia, en factores determinísticos de estacionalidad y un término del error.

$$Y_t = C_t + S_t + \mu_t \quad (1.3)$$

1.6.1 Modelos Estocásticos Univariados de Series Tiempo

En el análisis de series de tiempo cuyo objetivo es simular el comportamiento a futuro de las variables, los modelos de medias móviles (MA) y los modelos autoregresivos (AR) son ampliamente utilizados, así como modelos más sofisticados que resultan de una combinación de los 2 modelos descritos anteriormente (ARMA). Estos modelos se basan en el uso de la información de la historia de la variable, para hacer proyecciones futuras sobre su comportamiento.

1.6.2 Modelos Autoregresivos

Los modelos autoregresivo, son modelos que utilizan como variables independientes uno o más rezagos de la variable dependiente. Es decir, la variable dependiente en el tiempo (t) será expresada como las realizaciones previas del proceso que describe la variable dependiente ($t-n$). Estos modelos también se los describen por ser de memoria infinita.

$$Y_t = a_0 + \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 Y_{t-2} + \dots + \beta_n Y_{t-n} + \mu_t \quad (1.4)$$

1.6.3 Modelos de Medias Móviles

Los modelos de Medias Móviles, de la misma forma que los modelos autoregresivos, presenta una estructura estocástica a la generación de datos de series de tiempo. La principal diferencia con los modelos AR(p), radica en que, los valores que la variable dependiente toma a lo largo del tiempo no se explican cómo valores pasados que haya tomado esta variable, sino por los efectos de los shocks aleatorios que se han producido desde un tiempo finito. Esto implica que, los modelos MA(p) sean modelos de memoria corta o finita, en contraste a los modelos AR(p).

$$Y_t = \varepsilon_t - \phi_1\varepsilon_{t-1} - \phi_2\varepsilon_{t-2} - \dots - \phi_n\varepsilon_{t-n} \quad (1.5)$$

CAPITULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Tipo de Investigación

La investigación realizada sobre el entorno económico de la producción de maíz para pequeños agricultores, tuvo un enfoque cualitativo y cuantitativo. Se buscó encontrar los factores que inciden sobre los agricultores, así como, buscar entender cómo se relacionan los diferentes agentes asociados a la producción de maíz.

2.2 Justificación del método seleccionado

2.2.1 Costo Beneficio

Cuando se habla de proyectos a implementarse, es de vital importancia conocer el valor del proyecto, en este caso la implementación de un proyecto de agricultura de precisión dentro del proceso de producción de maíz amarillo duro para pequeños agricultores.

Enfocándonos en lo detallado en el capítulo anterior donde se recopilaron los distintos métodos de valoración más utilizados, se recopiló la mayor cantidad de

información respecto a los costos en los que incurren los productores de maíz. Por ello se estableció tomar para el desarrollo de este proyecto el método de costo-beneficio puesto que es el método con que podemos comparar de mejor manera los resultados al final de la intervención del proyecto, puesto que ya todos los costos se han materializado. Permitiendo obtener información veraz sobre el costo y beneficio monetario, así como también las características de la intervención del proyecto.

Para obtener la estructura de costos de producción por hectárea de maíz se utilizó de la información proporcionada por la GEA y la estructura de costos de empresas que operan en este sector. Los valores de los insumos fueron proporcionados por GEA y para los valores faltantes se tomó como referencia los precios a los productores de insumos agrícolas. Estos se publica de forma mensual por medio del MAGAP.

2.2.2 Modelos Autoregresivos

Para el análisis del pronóstico de los precios de maíz, se favorece el uso de métodos autoregresivos puesto que tienen una interpretación más directa en comparación con los modelos de medias móviles. En nuestro caso la serie utilizada, fue la proporcionada por el MAGAP en su reporte mensual de precios del productor con información desde enero del 2013.

Para la detección de presencia de raíz unitaria en la serie de tiempo, se utilizó el test de Dickey-Fuller, puesto que no presenta sesgos a rechazar la hipótesis nula de que existe raíz unitaria, cuando esta existe.

Para el análisis de la serie se proponen los rezagos de la variable de precio del maíz amarillo duro, así como también una variable de tendencia, para poder identificar si existe algún tipo de efecto relacionado con el paso del tiempo. También se propone agregar las variables estacionales mensuales, codificadas por mes, para identificar si existen efectos mensuales sobre las variaciones del precio del maíz amarillo duro.

2.3 Análisis Experimental

El análisis experimental tiene como objetivo poder controlar las condiciones de un proceso, asegurando que los cambios observados en el objeto de estudio, se manifiesten únicamente a través de los tratamientos asignados. Es así que, en colaboración con la Facultad de Ciencias de la Vida (FCV) y la Granja Experimental Agrícola (GEA), se llevó a cabo en sus instalaciones un experimento controlado, sobre un cultivo de maíz (*Zea Mayz*) implementando agricultura de precisión. En particular, se midió el índice de vegetación por medio del NDVI, para poder identificar y analizar las zonas en las que el cultivo presente deficiencias.

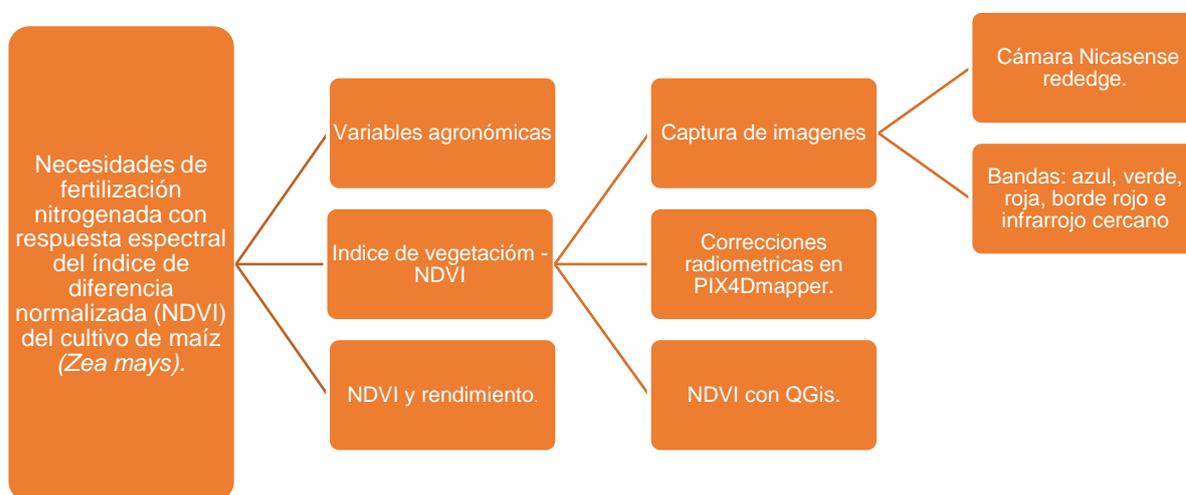


Ilustración 2.1 Metodología del análisis de imágenes

Se implementó un diseño experimental de bloques completos al azar con cinco niveles de fertilización nitrogenada y tres repeticiones, para determinar el efecto de los niveles de fertilización sobre el comportamiento agronómico del maíz. Para esto, se obtuvo un total de 15 bloques de superficie cada uno de 52 m² (4m de ancho x 13 m de largo) y en cada bloque se sembró cinco hileras de maíz con 325 plantas por tratamiento.

Conjuntamente, se llevaron los registros de datos de costos de siembra, costos de fertilización y de producción. Estos datos, luego se usaron para realizar un análisis de costo beneficio de implementación de agricultura de precisión.

2.4 Entrevistas a pequeños agricultores

Como parte de la investigación, se realizaron entrevistas a pequeños agricultores de maíz, en particular nuestro grupo de estudio fueron los agricultores de la Asociación de Maiceros “San Antonio” pertenecientes al recinto “La Guayaquil” del cantón Balzar, provincia del Guayas. Esta asociación cuenta con alrededor de 50 agricultores miembros, todos dedicados a la siembra del maíz. En estas entrevistas contamos con la presencia del presidente de la asociación, el señor Heriberto Gonzales y otros 24 agricultores. El propósito de estas entrevistas fue, conocer la perspectivas y opiniones sobre el entorno productivo del maíz de los agricultores.

CAPITULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Análisis del Entorno Económico

Se utilizaron datos y registros económicos de las instituciones encargadas de su recopilación y difusión, principalmente del Ministerio de Agricultura ganadería y Pesca y su portal SIGAP como parte del análisis del entorno económico, así como también, se tomó información del Banco Central del Ecuador (BCE). También se recopilaron datos del INEC, datos como precio al productor, rendimiento por hectárea, evolución de las hectáreas cultivadas y cosechadas de este cereal de los últimos 4 años (2015-2018) en el Ecuador.

A pesar de su baja representación dentro del PIB de la industria agrícola, el maíz amarillo, es un producto importante a potencializar dentro de las políticas de MAGAP, debido a su importancia dentro de la dieta y el consumo para la industria ganadera. (Baca, 2016).

Según la FAO, la política comercial puede generar los incentivos suficientes por medio de subsidios a la producción o a los insumos productivos de este cultivo, que permitan al agricultor ser más competitivo en el mercado externo. En

Ecuador la industria agrícola del maíz registro movimientos por 178 millones de dólares en el 2018, lo que representa un incremento de 26% en ventas respecto al año 2016, cuando se registraron 140 millones de dólares, (INEC, 2019). Uno de los principales retos que enfrenta esta industria, es representado por las empresas productoras de insumos agrícolas como AGRIPAC y PRONACA, quienes son también, los principales demandantes de este producto, cerrando el ciclo de producción, pudiendo ejercer un gran poder de mercado. Esta disparidad entre los agentes del mercado genera distorsiones en los precios que perjudican a los pequeños agricultores.

3.2 Análisis de resultados por entrevistas

3.2.1 Situación Actual

El presidente de la asociación, el señor Heriberto, con quien nos entrevistamos primero, explicaba que, desde 2016 los agricultores tenían acceso a un subsidio al “kit” que comprendía un grupo de productos de fertilizantes con un subsidio que cubría \$160 dólares de los \$400 que usualmente cuesta adquirir el “kit” para empezar a producir 1 hectárea y que ahora que este subsidio no existe, y que es más complicado sacar beneficios del cultivo. Los miembros de la asociación también resaltaron que, no siempre se les paga por su producción al precio oficial establecido por el MAGAP y que esto afectaba fuertemente en su financiación de la producción presente y futura, puesto que como explicaron previamente, muchos de ellos obtienen úrea por la modalidad de pago en cosecha y pueden cubrir sus deudas.

El presidente de la asociación nos informó que, todos los trabajos de producción de maíz de los miembros de la asociación se realizan en su totalidad a mano, esto incluye los trabajos de arado, sembrado, aplicación de fertilizante, fumigación y cosecha.

3.2.2 Acceso al crédito

Otros miembros de la asociación, proporcionaron información sobre el acceso al crédito de los agricultores, comentaban que los bancos usualmente no dan crédito para el cultivo de maíz, puesto que es muy riesgoso. Mencionan también que una de las únicas vías de crédito que tienen son las casas comerciales

agrícolas, mediante la modalidad de pago a cosecha, quienes cobran \$26 dólares el kilo de urea a la cosecha, mientras que el precio oficial del kilo de urea ronda los \$20 dólares. El señor Camacho Arias comento que si la situación lo ameritaba algunos recurrían a “chulqueros” quienes cobran tasas excesivamente altas, pero que ellos se ven forzados a tomar estos préstamos porque de lo contrario no podrían adquirir los insumos para producir.

3.2.3 Decisiones de producción

Durante la entrevista se indago sobre como tomaban la decisión de cuanto y cual fertilizante usar. La mayoría de los agricultores toman las recomendaciones de las casas comerciales que venden los insumos. Ellos, explican los agricultores, siempre les ofrecen productos como fertilizantes, pero no siempre obtienen los resultados que se les promete. Explican también que cuando esto ocurre, no hay nadie a quien recurrir y no pueden hacer nada al respecto salvo aceptar la pérdida o deficiencia de producción. Argumentan también que, en lo que respecta a pesticidas y plaguicidas las casas comerciales siempre recomiendan usar el producto en toda su parcela de producción, lo que ocasiona grandes gastos en estos insumos. Otro grupo de agricultores, señala que ellos toman las recomendaciones por parte de los técnicos de MAGAP, que frecuentan los recintos, pero indican también, que ellos no realizan ningún tipo de análisis en el sitio, sino que solo ofrecen recomendaciones generales.

3.2.4 Tecnologías de producción

Se presentó a manera introductoria el concepto de agricultura de precisión a los agricultores en particular la metodología de captura de imágenes con drones, a lo cual, la mayoría presentaba desconocimiento, y otros mencionaron que estaban familiarizados con la idea, pero habían escuchado de su uso en otras plantaciones como las de banano.

3.3 Análisis Costo-Beneficio

Basados en lo expuesto en el capítulo anterior donde se mencionaron los distintos métodos de valoración para la implementación de un proyecto y dada la documentación recopilada sobre la producción de maíz se procedió a

contabilizar los costos y beneficios de la implementación de un proyecto de cultivo de maíz utilizando agricultura de precisión. Los datos proporcionados de la Granja Experimental Agrícola (GEA) se utilizaron para este propósito.

En la tabla 3.1 se presentan los costos de producción en la Granja Experimental Agrícola, en los cuales se consideró los costos de producción y cosecha, dentro de los costos de producción se incorporó el valor por el servicio de captura y análisis de imágenes por medio de los drones, servicio el cual posibilita la identificación de zonas riesgo durante las distintas etapas de crecimiento de la parcela. Para nuestro caso de estudio, se realizaron 3 vuelos sobre el cultivo. En los costos no se considera el valor de riego puesto que, este valor depende fuertemente de la zona y el temporal.

Tabla 3.1 Costos de producción por hectárea en GEA

Actividad		Cant.	Costo Unitario (USD)	Costo Total(USD/ha.)
Preparación del Terreno	Rastras	1	\$ 20,00	\$ 20,00
	Nivelacion	1	\$ 30,00	\$ 30,00
	Siembra	1	\$ 31,80	\$ 31,80
Fertilización	Semilla(60.000 unidades)	1	\$ 215,00	\$ 215,00
	1ra aplicación	1	\$ 149,76	\$ 149,76
	2da aplicación	1	\$ 134,32	\$ 134,32
	3ra aplicación	1	\$ 147,70	\$ 147,70
Análisis de Imágenes	Análisis de Imágenes	1	\$ 45,00	\$ 45,00
Control de la Maleza	Atrazina	1	\$ 8,00	\$ 8,00
	Aplicación(jornal)	1	\$ 15,00	\$ 15,00
	Thiodicarb	1	\$ 8,40	\$ 8,40
	Post-Emergente	6	\$ 1,50	\$ 9,00
	Glifosato	2	\$ 4,00	\$ 8,00
	Aplicación(jornal)	1	\$ 15,00	\$ 15,00
Control de plagas	Tratamiento a semilla	1	\$ -	\$ -
	LORSBAN LOW (Clorpirifos)	1	\$ 13,80	\$ 13,80
	Aplicación(jornal)	2	\$ 15,00	\$ 30,00
Cosecha	Trilla	1	\$ 70,00	\$ 70,00
	Desgrane	1	\$ 30,00	\$ 30,00
Total				\$ 980,79

Elaboración: Autor

En la tabla 3.2 se presentan una estimación de los costos de producción a nivel nacional para los agricultores, en los cuales se consideró los costos de producción y cosecha realizados con baja tecnificación, es decir, la producción se lleva a cabo con el uso intensivo de mano de obra. En los costos no se considera el valor de riego puesto que, este valor depende de la zona y el temporal.

Tabla 3.2 Costos de producción por hectárea con baja tecnificación

Actividad		Cant.	Costo Unitario(USD)	Costo Total(USD/ha.)
Preparación del Terreno	Siembra	1	\$ 31,80	\$ 31,80
Fertilización	Semilla(60.000 unidades)	1	\$ 215,00	\$ 215,00
	1ra aplicación	1	\$ 149,76	\$ 149,76
	2da aplicación	1	\$ 149,76	\$ 149,76
Control de Maleza	Atrazina	1	\$ 8,00	\$ 8,00
	Aplicación(jornal)	1	\$ 15,00	\$ 15,00
	Post-Emergente	6	\$ 9,00	\$ 54,00
	Glifosato	2	\$ 4,00	\$ 8,00
Control de plagas	Aplicación(jornal)	1	\$ 15,00	\$ 10,60
	LORSBAN LOW (Clorpirifos)		\$ 16,25	\$ 16,25
	Aplicación(jornal)	2	\$ 10,60	\$ 21,20
Cosecha	Trilla	1	\$ 70,00	\$ 70,00
	Desgrane	1	\$ 30,00	\$ 100,00
Total				\$ 849,37

Elaboración: Autor

En la tabla 3.3 se describen los costos que implican utilizar el servicio de análisis de imágenes para el control de la plantación de maíz amarillo duro. Los costos en los que se incurre por el servicio de análisis de imágenes para la gestión del cultivo se detallan a continuación.

Sistema de Georreferenciación: Corresponde al trabajo previo de mapeo de los terrenos, que posibilita la navegación de los drones. Este proceso ocurre previo a la captura de imágenes.

Captura de Imagen: Corresponde a los vuelos realizados por el dron sobre los cultivos, sobre los cuales captura imágenes espectrales para su posterior análisis.

Interpretación de Imágenes: La interpretación de imágenes es realizada por el analista, a través de los equipos especializados, con los que se determinara los índices de NDVI del área cosechada.

Asesoría Técnica: Corresponde a las medidas sugeridas por el analista para el correcto manejo de las áreas específicas de la parcela.

Tabla 3.3 Costo del análisis de imágenes .

Componentes del servicio de análisis de imágenes	Costo (USD/ha.)
Captura de Imagen	\$ 15,00
Asesoría Técnica	\$ 10,00
Sistema de Georreferenciación	\$ 10,00
Interpretación de Imágenes	\$ 10,00
Total Inversión	\$ 45,00

Elaboración: Autor

En la tabla 3.4, podemos observar que se obtienen mayores beneficios por implementar una gestión de los cultivos por medio de la agricultura de precisión, facilitada por la captura de imágenes mediante drones, servicio que buscamos insertar en las asociaciones de agricultores.

En la comparación de las producciones de maíz esperadas de la Granja Experimental Agrícola y la producción nacional, podemos observar un incremento de \$ 45 dólares en los costos provenientes de la implementación del servicio de análisis de imágenes. Es de notar también, que los costos por fertilización son mayores para el caso de producción con análisis de imágenes, esto se debe a que se identifican las zonas con un crecimiento deficiente y se procede a intervenir. Realizando una aplicación sectorizada de los fertilizantes se logró un mejor uso de este, aumentando la producción final de maíz, mientras que para el caso en el que no se usa el análisis de imágenes, a pesar de incurrir en un costo menor de fertilizantes, esta aplicación no resulta muy efectiva, puesto que su efecto se ve mitigado por que no se aplica en las zonas adecuadas, dado que los agricultores trabajan bajo la premisa de que todas los suelos requieren la misma cantidad de fertilizantes.

Según el MAGAP la producción nacional de maíz es en promedio de 5,6 toneladas por hectárea. La producción para la parcela utilizada en GEA fue de 8,6 toneladas por hectárea. Esto resulta en un incremento de 46,7% de la producción por hectárea sembrada de maíz, debido a la gestión temprana y focalizada de las zonas riesgo dentro de la parcela. Los datos se obtuvieron en colaboración con la FCV que trabajo con nosotros durante el desarrollo de este proyecto. Los datos recopilados fueron sobre el peso de la producción del grano en kilogramos

Tabla 3.4 Comparación de Beneficios.

Unidad	GEA	Nacional
Precio oficial del maíz(quintal)	\$ 15,12	\$ 15,12
Tonelada por hectárea	\$ 8,60	\$ 5,86
Costo por hectárea	\$ 980,79	\$ 849,37
Ingreso por hectárea	\$ 1.300,32	\$ 886,03
Beneficio por hectárea	\$ 319,53	\$ 36,66

Elaboración: Autor

3.4 Modelo Autoregresivo

Para la estimación de los precios de maíz se utilizó un modelo, ajustado por estacionalidad y tendencia. En nuestro caso la serie utilizada, fue la proporcionada por el MAGAP en su reporte mensual de precios del productor con información desde enero del 2013. Se incluyeron los 2 primeros rezagos en el análisis, además de un término de tendencia y la estacionalidad en función de la frecuencia de los datos, en particular nuestra data se presente de forma mensual por lo que se incluyeron doce variables binarias representando cada mes del año. Se realizó un previo análisis de la serie para identificar tenemos una serie con raíz unitaria.

Tabla 3.5 Modelos Autoregresivos

	Precio	Precio
L.Precio	0.631*** (4.67)	0.593** (5.29)
L2.Precio	-0.0832 (-0.81)	-
Tendencia	-0.00845	-0.00899*

	(-1.88)	(-2.09)
M1	0 (.)	0 (.)
M2	2.043 (3.39)	2.219*** (3.76)
M3	2.763*** (4.58)	2.938*** (5.02)
M4	3.532*** (4.39)	3.685*** (4.68)
M5	3.182*** (5.87)	3.546*** (6.59)
M6	2.109** (3.34)	2.304*** (3.64)
M7	2.122* (2.58)	2.272** (2.76)
M8	3.032** (2.97)	3.098** (3.16)
M9	1.772* (2.37)	1.708* (2.47)
M10	2.504*** (3.62)	2.681** (4.00)
M11	2.183*** (3.52)	2.327** (3.81)
M12	1.664** (2.69)	1.824** (3.04)
Constante	5.088* (2.36)	4.266 (1.99)
aic	246.0	248.5
bic	281.3	281.7
N	78	79

Estadísticos t en paréntesis
* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

En la tabla 3.4, podemos observar que los precios no presentan tendencia a través del tiempo, esto puede atribuirse a que el gobierno tiene políticas de precio techo y precio piso para los productos agrícolas lo cual previene que los precios se salgan de los límites establecidos. Mientras que, los coeficientes de las estacionalidades presentan una significancia estadística notable, lo que

concuenda con la característica de los precios de los cultivos, de estar vinculados a la época del año, incidiendo fuertemente sobre la relación de la oferta y demanda mediante el precio. Esto se ejemplifica para los meses de diciembre a marzo, meses donde se reportan los precios más altos de maíz. Puesto que los agricultores pequeños en su mayoría siembran en temporal de lluvias (enero-mayo), existe una menor oferta, empujando los precios al alza. Por parte de los rezagos del precio del maíz amarillo duro, solo el primer rezago resulto significativo, mostrando que el precio de maíz se ve influenciado solo por su rezago inmediato.

Como parte del proyecto multidisciplinario, también se propuso la puesta en marcha de un modelo de negocio que oferte este servicio a los pequeños agricultores. El modelo de negocio fue validado con los agricultores en Balzar. El beneficio que obtienen los agricultores es superior al costo en el que incurren, como se expone en la tabla 3.4. También se planteó que, para poder llegar de manera efectiva a los agricultores, este servicio debía de contratarse a nivel de asociaciones de agricultores.

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se pudo conocer cuáles son las principales necesidades que afronta el productor maicero, como lo son el acceso a crédito y el acceso a nuevas formas de cultivo. En cuanto al acceso al crédito, se destaca el poco respaldo que tienen los pequeños agricultores para acceder a créditos, siendo estos negados en la mayoría de las entidades financieras y teniendo que acceder a tasas de interés muy altas, e inclusive, acudir a chulqueros. Se suma a esta situación, los intereses de las casas comerciales, siendo estos también partes del problema del acceso al crédito al cobrar a sobreprecio a los insumos de producción y aprovechándose del poco conocimiento de los pequeños agricultores.

- Se pudo analizar los beneficios económicos que tiene la implementación de la agricultura de precisión, pudiéndose notar que los beneficios provienen del aumento de la producción esperada por hectárea. Pudiendo elevar la producción por hectárea de 5,86 toneladas por hectárea a 8,6 toneladas por hectárea. Esto genera ingresos al productor por 1.300,32 dólares por hectárea, en comparación con los 886,03 dólares por hectárea que generaría cuando implementa agricultura de precisión .
- Se pudo establecer un modelo para la proyección del precio de maíz verificando con una muestra de entrenamiento del modelo y una muestra de testeo, para poder cuantificar el nivel de precisión del modelo. Las variables más influyentes fueron las variables de estacionalidad mensual y el primer rezago del precio del maíz amarillo duro y no se encontró tendencia alguna en los precios.
- Con lo analizado se ha logrado describir la situación del maíz amarillo en Ecuador, se puede concluir que para los pequeños agricultores, los desincentivos son más que los incentivos existentes para la producción de maíz amarillo, esto obliga a los agricultores a considerar, todos los aspectos; climáticos: ya sea probabilidades de sequía o inundaciones; sociales: la mala distribución de la tierra, la falta de acceso al crédito la baja competitividad en precios con relación a los demás países productores, dada por el alto costo y el bajo rendimiento de los insumos productivos utilizados, antes de tomar su decisión de producir.
- Para el modelo de negocio propuesto, se pudo validar su implementación y aceptación con la asociación de agricultores “San Antonio”. Los agricultores buscan acceder a análisis de suelos, pero no pueden obtenerlos debido a sus altos costos. Pudiéndose ofertar un servicio similar a los análisis de suelos tradicionales y con mejores resultados a un menor costo.

4.2 Recomendaciones

- La recolección de datos sobre los cultivos se realizó sobre un único ensayo en GEA. La extensión de este trabajo puede ampliarse, mediante

la implementación de nuevas parcelas de cultivo, sobre otros productos, para asegurar la robustez de las mediciones hechas en el campo.

- Se pudo conocer sobre el estado actual de los pequeños agricultores de maíz, y así poder insertar metodologías de agricultura de precisión, pero posteriores estudios deberían realizarse para poder identificar los problemas que enfrentan otros cultivos y los productores asociados a ellos, puesto que no podemos afirmar que todos los cultivos se comportan de la misma forma.
- El modelo desarrollado para el pronóstico de los precios del maíz debe estar sujeto a constante revisión puesto que, se pueden implementar nuevas políticas a futuro en el sector agrícola que afecten directamente la dinámica subyacente de la serie y como resultado el modelo quede obsoleto.

BIBLIOGRAFÍA

- Agricultura Moderna*. (2017). Obtenido de Agricultura Moderna: <https://agmoderna.com.ar/tecnologia-en-el-campo/agricultura-de-precision-de-que-se-trata/>
- Baca, L. (2016). *La producción de maíz amarillo en el Ecuador y su relación con la soberanía alimentaria*. Quito.
- BCE. (2019). *Informe Estadístico Mensual*. Banco Central del Ecuador.
- CEPAL. (2019). *Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas*.
- EL COMERCIO. (09 de Noviembre de 2018). *ELCOMERCIO*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/produccion-maiz-agricultores-ministerio-guayas.html>
- El Telégrafo. (30 de Septiembre de 2017). La producción de maíz cubre demanda del 90%.
- Fernandez, P. (. (2008). Métodos de valoración de empresas. 8-16.
- Gandhi, G. M. (2015). NDVI: Vegetation change detection using remote sensing and gis. *Procedia Computer Science*, 1199-1210.
- Huicochea Alsina, E. (1994). *Contabilidad de costos*. Madrid.
- INEC. (2019). Quito.
- MAGAP. (2018). *Estimación de Superficie Sembrada*. Quito: COORDINACION GENERAL DEL SISTEMA DE INFORMACION.
- MAIZAR. (2011). *El maíz, primero en el mundo*. Buenos Aires.
- PROCISUR. (s.f.). Agricultura de precisión: integrando conocimientos para una agricultura moderna y sustentable.
- Rueda Ayala, V., Kunapuli, S., & Manguashca, J. (2015). Development of yield prediction models in the maize crop using spectral data for precision agriculture applications. *Ecuador es calidad*, 16 - 21.
- Sabino. (s.f.). *El proceso de investigación*.
- Sarmiento, M. (2002). Métodos de Valoración de Empresas.
- SCVS. (2019). *Ranking Empresas*. Guayaquil.
- Selltiz, C. (s.f.). *Métodos de Investigación en las relaciones sociales* .
- Tardaguila Agromercados. (11 de Junio de 2019). *Tardaguila Agromercados*. Obtenido de <https://www.tardaguila.com.uy/site/index.php/es/informes->

diarios/ganaderia-2/item/11571-con-un-rendimiento-de-7-608-kilos-por-hectarea-el-maiz-presento-produccion-record

Varian, H. (1999). *Microeconomía Intermedia*. Barcelona: Pearson.

Weimer, G. V. (2014). *Cost-Benefit Analysis Concepts and Practice*. Edinburgh: Peason.

Wooldridge, J. M. (2009). *Introducción a la Econometría: Un enfoque moderno*. CENAGE Learning.

APÉNDICES

ANEXO A

Encuesta a los agricultores del Recinto: San Rafael

Encuesta a los agricultores del Recinto: San Rafael	
Pregunta 1	¿Cuántas hectáreas posee?
Pregunta 2	¿Sus cultivos se ven afectados por plagas?
Pregunta 3	¿Cuánto cuesta producir una hectárea de maíz?
Pregunta 4	¿Usa algún tipo de maquinaria para sus labores?
Pregunta 5	¿De quién generalmente adquiere los insumos de producción?
Pregunta 6	¿Le es familiar el termino Agricultura de precisión?
Pregunta 7	¿Le es familiar el uso de drones para agricultura?
Pregunta 8	¿Recibe algún tipo de capacitación?
Pregunta 9	¿Recibe algún tipo de subsidio para sus cultivos?
Pregunta 10	¿Cuánto usualmente obtiene de ingreso por una hectárea producida?
Pregunta 11	¿De quién generalmente obtiene asesoramiento para sus cultivos?
Pregunta 12	¿Tiene acceso a crédito?
Pregunta 13	Especifique su edad

ANEXO B.1

Test de Raíz Unitaria

Test de Raíz Unitaria de Dickey-Fulle	Number of obs =	79		
----- Dickey-Fuller -----				
Test	1% Critico	5% Critico	10% Critico	
Estadistico	Valor	Valor	Valor	
Z(t)	-4.278	-3.539	-2.907	-2.588
Valor p aproximado de MacKinnon for Z(t) = 0.0005				

ANEXO B.2

Test de Ruido Blanco del modelo seleccionado

Test de ruido blanco de Barlett's	

Bartlett's (B) estadístico	= 0.7909
Prob > B	= 0.5591