Maximización De La Productividad Agrícola

Leidy Tatiana Camacho Parra

Carlos Alberto Lopez Cardozo

Especialización en Big Data

Fundación Universitaria Compensar

Proyecto fin de grado

Katherine Serrano León

Noviembre de 2023

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

Maximización De La Productividad Agrícola

Leidy Tatiana Camacho Parra
Carlos Alberto Lopez Cardozo

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Especialista En Big Data

Director (a):
Ing. Paul Alexander Díaz

Fundación Universitaria Compensar
Facultad de Ingeniería
Especialización en Big Data
Bogotá D.C,
Colombia 2023

Resumen

El proyecto se centra en la creación de un modelo predictivo de aprendizaje supervisado con el propósito de maximizar la producción de cosechas agrícolas municipales en Colombia, a partir de datos históricos de evaluaciones agrícolas municipales, que sirva de fuente de información para que los agricultores puedan tomar decisiones informadas, para la selección de los cultivos de sus próximas cosechas, maximizando la productividad.

Palabras clave: modelo predictivo, leguaje supervisado, maximización, agropecuario, rural, cosechas

Abstract

The project focuses on the creation of a supervised learning predictive model with the purpose of maximizing the production of municipal agricultural crops in Colombia, based on historical data from municipal agricultural assessments, which serves as a source of information for farmers to make informed decisions for the selection of crops for their next harvest, maximizing productivity.

Key words: predictive model, supervised language, maximization, agricultural, rural, crops.

Tabla de Contenido

Resumen 3

Abstract 3

Índice de Ilustraciones 6

Introducción 7

Justificación 7

Formulación del Problema 8

Causas Y Consecuencias 8

Objetivo General 9

Objetivos Específicos 9

Alcances y Limitaciones 10

Alcance 10

Limitaciones 10

Marco Teórico 11

Desafíos Agrícolas: 11

Factores Climáticos 11

Prácticas Agrícolas Inadecuadas 12

Recursos Limitados 12

Mercadeo Y Comercio 13

Infraestructura 13

Metodología 13

Conocimiento del Negocio. 14

Comprensión de los Datos. 15

Recolección de los Datos Iniciales 15

Listado datos adquiridos 16

Exploración de los Datos 16
Preparación de los Datos. 16
Modelado. 16
Técnica de Modelado 16
Evaluación 17
Resultados Esperados 17
Conclusiones 19
Recomendaciones 19
Bibliografía 20
Anexo 1: Listado Datos Adquiridos. 24

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Principales desafíos agrícolas en Colombia. Fuente propia. 11
Ilustración 2 Metodología CRISP-DM. Fuente: (Soto, 2022) 14
Ilustración 3 Índice de valor de exportaciones Agrícolas y participación del PIB agropecuario. Colombia, 2005-2021 15

Introducción

La agricultura es un pilar fundamental en la economía de Colombia; según el Ministerio de Agricultura, en lo que va corrido del 2023 el sector agropecuario en Colombia tiene una participación entre el 6% y 8% del PIB nacional y cuenta con una participación del 15% en el empleo del país. Por otro lado, en el primer semestre del año 2022, el sector agropecuario y agroindustrial exportó 6.116 millones de dólares, registrando un aumento de 38,8 % con respecto al mismo periodo de 2021, cuya cifra fue de 4.406 millones de dólares (FINAGRO, 2023), Sin embargo, el éxito de las cosechas Agrícolas municipales depende en gran medida de las decisiones que toman los agricultores al seleccionar los cultivos para las próximas temporadas.

El objetivo principal de este proyecto es brindar a los agricultores colombianos una herramienta efectiva para tomar decisiones más acertadas en cuanto a la selección de cultivos. Al utilizar un enfoque basado en el aprendizaje supervisado, el modelo se entrena con datos históricos de evaluaciones agrícolas municipales suministrados por el ministerio de agricultura y desarrollo rural. Estos datos masivos proporcionan información valiosa sobre el rendimiento de diferentes cultivos en condiciones específicas de cada municipio a lo largo del tiempo. Al aprovechar esta información, el modelo puede realizar predicciones precisas sobre qué cultivos tienen más probabilidades de tener éxito en una ubicación y temporada dadas.

Justificación

La razón del diseño de una propuesta basada en el desarrollo de un modelo predictivo alimentado por datos históricos agrícolas, que permita identificar los cultivos más productivos en las cosechas municipales en Colombia está justificada por diferentes razones de importancia socioeconómica como: mejora de la eficiencia agrícola, reducción de pérdidas de producción, empoderamiento de los agricultores, promoción del desarrollo rural y aprovechamiento de la tecnología y datos.

La propuesta de un modelo predictivo basado en análisis de datos históricos permite, en cuanto a la mejora en la eficacia agrícola la selección de cultivos con mayor probabilidad de éxito en función de las condiciones específicas de su área y el momento del año. Esto aumenta la

eficiencia en la producción agrícola y reduce el riesgo de cosechas fallidas, lo que a su vez mejora la rentabilidad y la seguridad alimentaria.

En relación con la reducción de pérdidas de producción, la identificación de los cultivos más adecuados en un entorno específico disminuye las pérdidas de producción debido a la adaptación a las condiciones locales, reduciendo así el impacto económico de eventos climáticos adversos.

En el ámbito del empoderamiento de los agricultores, el acceso a información precisa y orientación en la toma de decisiones empodera a los agricultores, permitiéndoles tomar decisiones informadas que beneficien sus operaciones. Esto fortalece la posición de los agricultores y mejora sus ingresos, lo que conlleva a una promoción del desarrollo rural generando un impacto positivo en las comunidades rurales y la economía en su conjunto. Más producción puede conducir a un aumento en el empleo y en la actividad económica en áreas rurales, contribuyendo al desarrollo del país.

EL aprovechamiento de la tecnología y datos ofrece oportunidades sin precedentes para recopilar, analizar y utilizar información histórica, capitalizando estos avances tecnológicos para abordar desafíos reales en el sector agrícola.

Formulación del Problema

¿Cómo diseñar un modelo predictivo que maximice la producción de cosechas municipales en Colombia, basado en variables históricas semestrales del sector agropecuario desde el año 2007 al año 2019 incluyendo variables temporales y demográficas?

Causas Y Consecuencias

La pérdida de producción agrícola en Colombia conlleva una serie de consecuencias relevantes que afectan tanto a los agricultores como a la economía del país. De esta manera, la seguridad alimentaria se ve directamente afectada, aumentando la dependencia de importaciones y, a su vez, incrementando los precios de la canasta básica familiar. En consecuencia, las familias campesinas se enfrentan a pérdidas financieras y disminución de sus ingresos, desencadenando el desempleo agropecuario y la migración hacia zonas urbanas en busca de

oportunidades económicas. La inestabilidad económica nacional se ve afectada, dado que el sector agrícola es un eslabón importante para el Producto Interno Bruto (PIB) del país.

Entre las causas de la pérdida de producción agrícola en Colombia se encuentra la deforestación y el cambio en el uso del suelo, que degradan la calidad del mismo, reduciendo la disponibilidad de tierras fértiles y saludables. Además, los eventos y variaciones climáticas derivados del cambio climático, como el fenómeno de El Niño (escasez de lluvia) y La Niña (exceso de lluvia), traen consecuencias como el cambio de patrones de empleo y el paso de cultivos permanentes a transitorios (Banco de la República, 2021). Por otro lado, la falta de prácticas agrícolas adecuadas y sostenibles, como la monocultura y el uso excesivo de agroquímicos, contribuye al agotamiento de nutrientes del suelo, afecta la calidad de los alimentos y provoca la pérdida de biodiversidad. En este sentido, es válido afirmar que "el suelo es el patrimonio de todo agricultor" (Sembralia, Sembralia, 2023), y su cuidado es vital para el éxito agrícola y la salud del planeta. La falta de acceso a financiamiento constituye a uno de los principales obstáculos al crecimiento de la productividad Agrícola en Colombia, pues restringe la inversión, el enlace con cadenas de valor, el uso de insumos y la adopción tecnológica (Beck, 2015, citado por Juan José Echavarría Soto, 2018, pág. 9). Por último, la infraestructura, el mercadeo y la comercialización también son causas de pérdidas de producción agrícola, debido a canales de comercialización insuficientes, fluctuaciones elevadas y bajas en los precios comerciales, carreteras y vías de transporte en mal estado, y almacenamiento y refrigeración de productos insuficientes.

Objetivo General

Desarrollar un modelo predictivo que maximice la producción de cosechas municipales en Colombia, basado en datos históricos agropecuarios que incluyan información de variables temporales y demográficas

Objetivos Específicos

- Recopilar datos históricos agropecuarios municipales de Colombia con el fin de analizar las tendencias y patrones relacionados a la producción de cultivos.

- Desarrollar un modelo predictivo de aprendizaje supervisado que utilice los datos recopilados para predecir los cultivos con mejor productividad en un municipio y época del año.
- Evaluar la efectividad del modelo predictivo mediante pruebas exhaustivas y validación cruzada, ajustando parámetros según sea necesario para garantizar su robustez y precisión en la predicción de los cultivos a cosechar.

Alcances y Limitaciones

Alcance

- Presentar la primera etapa del proyecto fundamentada en las primeras cuatro fases de la metodología CRISP-DM: comprensión del negocio, comprensión de los datos, preparación de los datos y modelado.
- El estudio se basa en datos agrícolas colombianos recolectados entre los años 2006 y 2018 actualizados por última vez el día 24 de noviembre del 2019.
- El análisis de datos se realizará por medio de procesos estadísticos con el fin de identificar patrones y correlaciones significativas.
- La investigación se enfocará en áreas geográficas ubicadas en el país de Colombia, teniendo en cuenta sus características del suelo, del clima y demás factores propios de la región.
- El modelo se centrará en predecir la producción o el rendimiento de cultivos agrícolas en periodos de tiempo específicos.

Limitaciones

- La variabilidad climática repentina o los cambios en la política agrícola o económica, puede afectar la precisión del modelo predictivo, ya que éste es desarrollado bajo datos históricos.
- La precisión del modelo está sujeta a la calidad y disponibilidad de los datos.
- El modelo puede requerir actualizaciones frecuentes para mantener su precisión con el pasar del tiempo.

Marco Teórico

Desafíos Agrícolas:

Colombia es un país con una rica tradición agrícola, donde el sector agropecuario desempeña un papel importante en la economía y en la seguridad alimentaria nacional. Sin embargo, a pesar de su potencial, el país se enfrenta a una problemática significativa: la pérdida de producción de cosechas municipales sembradas; este desafío amenaza la estabilidad económica de los agropecuarios colombianos, la disponibilidad de alimentos frescos y asequibles para la población nacional, la degradación del suelo al hacer uso inadecuado de recursos naturales, el agravamiento de la migración del campo a la ciudad, la pérdida de recursos invertidos por parte de los productores agropecuarios y, el desempleo en el sector agrícola. La pérdida de producción de cosechas municipales colombianas puede atribuirse a una serie de factores complejos considerados a continuación:



Ilustración 1 Principales desafíos agrícolas en Colombia. Fuente propia.

Factores Climáticos

Entre los factores climáticos que afectan los cultivos se encuentran la variabilidad climática, el desplazamiento de zonas de cultivo y la distribución de plagas y enfermedades. La variabilidad climática se define como "la modificación a corto plazo de los valores promedios de las condiciones climáticas medias atribuible a causas naturales, la cual resulta en la alteración de los patrones normales de lluvia y temperatura" (Arce, 2015, pág. 1). Esto permite la alteración de

la distribución geográfica de enfermedades y plagas agrícolas, como la migración inesperada de seres vivos y/o agentes infecciosos que atacan o causan daños en los cultivos agropecuarios, como por ejemplo, las bacterias, los hongos, los virus, los nematodos, los gusanos, las chicharras, entre otros. Las enfermedades de las plantas reducen las cosechas, desmejoran la calidad del producto, limitan la disponibilidad de alimentos y materias primas; el impacto que esto tiene para las personas que dependen de la agricultura, es muy grande (Pesquera, 2016). Todo esto contribuye a un desplazamiento de zonas de cultivos, es decir, al traslado de las siembras a ubicaciones más adecuadas para el desarrollo y rendimiento de las cosechas.

Prácticas Agrícolas Inadecuadas

Una práctica agrícola inadecuada como el monocultivo, el uso excesivo de agroquímicos, la labranza excesiva, la quema de residuos agrícolas, la deforestación, el riego ineficiente, la falta de rotación de cultivos, la falta de diversificación, entre otras, pueden agotar los recursos naturales, reducir la biodiversidad, contribuir al cambio climático, disminuir la productividad de cultivos, afectar la calidad de los alimentos y ocasionar consecuencias negativas para la salud de la población.

> La agricultura en Colombia se considera irracional porque viola los principios que regulan los sistemas ecológicos, produce grandes impactos en el medio ambiente, como la tala y quema de bosques con el objeto de aprovechar las tierras para el cultivo; se cultiva en zonas no adecuadas, lo cual genera agotamiento en la fertilidad de los suelos, y deterioro de los suelos agrícolas por el abuso de los fertilizantes e insecticidas y el uso de tecnología inapropiada (FAO, s.f.).

Recursos Limitados

El financiamiento reducido en la agricultura limita la adquisición de recursos necesarios para los procesos de siembra, cuidado, y cosecha de cultivos, así como el acceso a la tecnología agrícola moderna. A pesar de los desafíos que debe enfrentar el agricultor ante los bajos recursos para su actividad, es posible adoptar una nueva perspectiva de creatividad, innovación y eficiencia. Es decir, es admisible encontrar nuevas formas de hacer las cosas, sin depender de enfoques tradicionales que requieren de mayor cantidad de recursos financieros, tecnológicos,

personales, naturales, entre otros. Como se destaca en la cita de (Moore, s.f.), “La falta de recursos no es una debilidad, sino una exigencia que debe obligar a ser innovador, creativo y recursivo”.

Mercadeo Y Comercio

Las fluctuaciones económicas del país pueden comprometer la rentabilidad del comercio alimenticio, ya que, debido al aumento en los costos de producción, los agricultores se ven obligados a establecer un valor mínimo de venta de sus productos, puesto que los clientes no están dispuestos a pagar el aumento de precios. Además, la falta de canales para llevar los productos agrícolas desde el campo hasta los consumidores finales contribuye a un desafío adicional para los agropecuarios.

Infraestructura

La falta de recursos que enfrentan los productores agrícolas puede afectar el proceso de refrigeración y conservación de los productos alimenticios antes de su comercio. Por otro lado, el mal estado o eventos inesperados en las vías o carreteras destinadas para el traslado de los productos pueden resultar en pérdidas significativas de cosechas.

Metodología

El marco metodológico del Proceso de Minería de Datos CRISP-DM (Cross-Industry Standard Process for Data Mining) define un enfoque metodológico que incluye descripciones de las fases normales de un proyecto, las tareas necesarias en cada fase y una explicación de las relaciones entre las tareas. A lo largo de los siguientes párrafos, se describirán las etapas clave de la metodología CRISP-DM que se seguirán en este proyecto, incluyendo la comprensión del negocio y los objetivos, la comprensión de los datos, la preparación de los datos, la modelización y la evaluación.

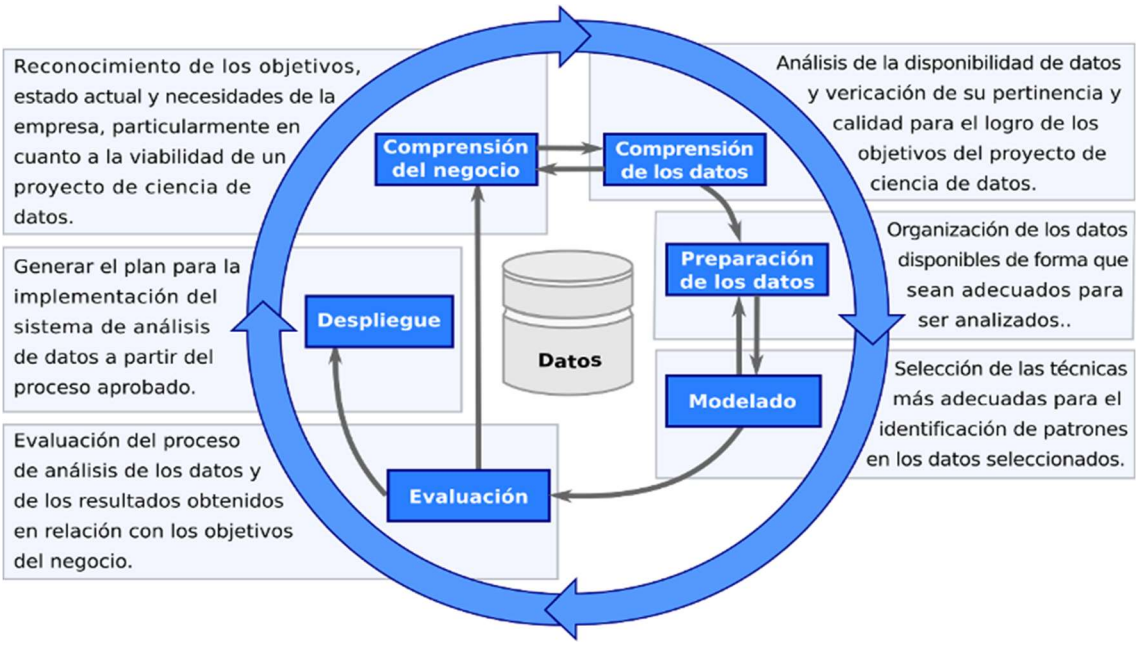


Ilustración 2 Metodología CRISP-DM. Fuente: (Soto, 2022)

Conocimiento del Negocio.

A través de una comprensión profunda del negocio agrícola en Colombia, podemos sentar las bases para un enfoque de análisis de datos efectivo y específico para las necesidades de los agricultores y el sector agropecuario.

La agricultura sigue siendo la principal generadora de empleo rural, pero solo representa un poco menos de la mitad del empleo rural (47%). El empleo no agrícola en los diferentes sectores ahora representa el 53% del empleo rural según. (Tenjo Galarza & Jaimes, 2018)

La oportunidad que se presenta en el sector agropecuario en el ámbito de cierre de brechas sociales y mejoramiento en la calidad de vida de las familias rurales, Aumentar un punto porcentual en el PIB en el ámbito agropecuario, puede generar aproximadamente el doble de impacto en la reducción de la pobreza que otros sectores como la industria o los servicios (Ivanic & Martin, 2018).

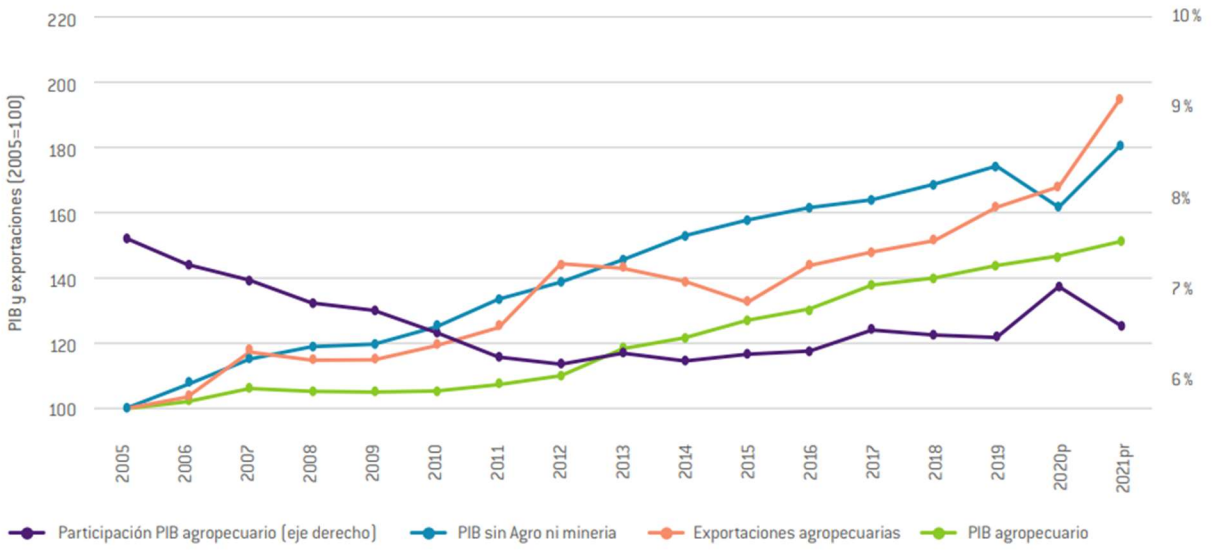


Ilustración 3 Índice de valor de exportaciones Agrícolas y participación del PIB agropecuario. Colombia, 2005-2021

Fuente: DANE (2022a) con base en Puyana (2016).

La producción de cosechas agrícolas es diversa y se ve influenciada por una variedad de factores, incluyendo el clima, la geografía y la disponibilidad de recursos hídricos. Comprender esta dinámica es crucial para desarrollar un modelo predictivo que sea verdaderamente relevante para el sector. La mejora de la toma de decisiones por parte de los agricultores se convierte en un objetivo clave, ya que decisiones acertadas en la selección de cultivos pueden tener un impacto significativo en la producción y los ingresos.

Comprensión de los Datos.

Recolección de los Datos Iniciales

Los datos utilizados para este proyecto se basan en datos históricos de los años comprendidos entre el 2007 y 2018, los cuales presentan la producción agrícola nacional, brindando información sobre los diferentes actores con énfasis en los productores, información agrícola regional y nacional que fomentan los procesos de producción y de comercialización.

Estos datos son de consulta pública y se pueden encontrar en los datos abiertos gubernamentales, cuenta con 206 mil registros, su actualización es anual y la entidad que realiza el suministró de esta base de datos es el ministerio de agricultura y desarrollo rural.

Listado datos adquiridos

Ver Anexo 1: (repositorio) - Listado Datos Adquiridos.

Exploración de los Datos

Luego de generar una descripción y presentación de los datos se procede a realizar un análisis descriptivo como una fase fundamental en la analítica de datos debido a su importancia en el proceso general de comprensión y exploración de conjuntos de datos.

Para esta exploración de datos se utilizará el lenguaje de programación Python, con sus diferentes librerías como son: panda, usando especialmente Pandas Profiling ya que es un módulo de Python que nos permite realizar análisis de datos exploratorio y seaborn una biblioteca de visualización de datos de Python basada en matplotlib.

Preparación de los Datos.

En este apartado se generará la adecuación de los datos que se van a emplear, para el modelado inicial del proyecto, seleccionando el subconjunto de datos, limpiar los datos añadir nuevos datos creados a partir de los que ya se tienen y darle el formato correcto para el modelado.

Modelado.

En esta fase de la metodología se escogerá la técnica para dar cumplimiento de los objetivos propuestos en este proyecto, para ello se deberá realizar un plan de pruebas para el modelo seleccionado, este será un modelo de regresión ya que es fácil de interpretar, puede proporcionar información sobre la relación lineal entre las variables de entrada y la producción de cosechas. para luego ejecutar dicho modelo sobre los datos y poder determinar si el modelo cumple o no con los objetivos.

Técnica de Modelado

La técnica de modelado que mejor se adapta a nuestros objetivos sería un modelo de regresión lineal múltiple ya que el objetivo principal del proyecto es el de predecir la productividad con variables continuas.

Evaluación

Se debe generar un plan de pruebas para la validez y la calidad del modelo, estas pruebas serán realizadas atreves de las medidas del error cuadrático medio (root mean squared error), la "confianza predictiva" (predictive confidence) y el error absoluto medio (mean absolute error).

- El error cuadrático medio (RMSE): mediante esta prueba se pretende calcular las diferencias entre los valores reales que alimentan el modelo y los valores predichos por el mismo, entendiendo la diferencia entre el valor estimado y el valor real.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}(y_j - \hat{y}_j)^2}$$

- El error absoluto medio (MAE): con esta prueba se pretende dar solución al inconveniente que tiene el RMSE donde al elevar al cuadrado la diferencia, esta da más importancia a los errores más extremos, afectando el resultado final.

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}|y_j - \hat{y}_j|$$

- La confianza predictiva (predictive confidence): Esta medida mejora un pronóstico comparándola con el azar. Se considera que un modelo naive (ingenuo) cuando no realiza ningún tipo de análisis, el modelo utilizara la media. Lo que se busca es que el porcentaje de incremento de mejora del modelo es mejor sobre el porcentaje del modelo ingenuo, esto genera la confianza predictiva.

Resultados Esperados

El desarrollo de un modelo predictivo que tiene como finalidad maximizar la producción de cosechas municipales en Colombia, cuenta con el potencial de generar los siguientes resultados:

1. *Aumento de la producción agrícola:* Contribuir a la optimización de prácticas de cultivo, con el objetivo de aumentar la producción agrícola y generar un impacto positivo en la seguridad alimentaria, el desarrollo económico y la sostenibilidad ambiental.

2. *Reducción de los costos de producción:* Identificar las prácticas de cultivo más eficientes para conducir a una reducción de costos de producción y mejorar la rentabilidad de los agricultores, de manera que los productos agrícolas sean más asequibles para los consumidores.

3. *Mejora de la sostenibilidad agrícola:* Contribuir en la sostenibilidad agrícola al hacer uso adecuado y eficiente de los recursos naturales, de forma que se proteja el medio ambiente y se garantice un suministro sostenible de alimentos para las generaciones futuras.

4. *Eficiencia en la toma de decisiones:* Mejorar la toma de decisiones informadas de los agricultores sobre sus prácticas de cultivo con el fin de conducir a una gestión más eficiente de los recursos agrícolas y a una reducción de los riesgos asociados a la producción agrícola.

5. *Generación de nuevos conocimientos:* Generar nuevos conocimientos sobre los factores que afectan la producción agrícola, de manera que, se facilite a los investigadores futuros el desarrollo de nuevas tecnologías y prácticas agrícolas que puedan mejorar aún más dicha producción.

6. *Evaluación del modelo predictivo:* El modelo predictivo espera ser evaluado por medio de las siguientes métricas:
    - Error cuadrático medio (ECM), mide la diferencia promedio entre los valores reales y los valores predichos por el modelo.
    - Error absoluto medio (EAM), mide la diferencia absoluta promedio entre los valores reales y los valores predichos por el modelo.
    - Confianza predictiva, mide la probabilidad de que el modelo haga una predicción correcta.

Conclusiones

- La clasificación de variables dependientes es fundamental para el desarrollo de un modelo predictivo ya que permite enfocar el estudio en el objetivo final del mismo.
- La relación entre las variables dependientes y la variable de respuesta debe ser lineal para la interpretación adecuada y eficiente de los resultados finales del modelo.
- La cantidad de variables dependientes elegidas para el desarrollo del modelo, permiten identificar el tipo de regresión a utilizar en el estudio, en el caso del presente proyecto, la regresión usada es de tipo lineal múltiple puesto que la cantidad de variables dependientes equivale a dos (2).
- Si el proceso de evaluación del modelo concluye en un alto nivel de confianza predictiva, se abre la posibilidad de realizar estimaciones futuras a partir de nuevos datos.

Recomendaciones

- Se recomienda la inclusión de un nuevo conjunto de datos al momento de avanzar el entrenamiento del modelo predictivo.

Bibliografía

AgrosPray. (s.f.). *AgrosPray*. Obtenido de https://agrospray.com.ar/blog/wp-content/uploads/2020/08/Captura-de-pantalla-2020-08-28-a-las-11.26.50-1.png

ambientum. (07 de 03 de 2018). *ambientum*. Obtenido de https://www.ambientum.com/ambientum/agricultura/mecanizacion-agricola-sostenible.asp

Arce, S. A. (04 de 2015). *IICA Representación Costa Rica*. Obtenido de https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/2601/BVE17038689e.pdf;jsessionid=B25416E0EA1D49E5302EE24224AC49B7?sequence=1

Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes. (s.f.). *FAO*. Obtenido de https://www.fao.org/3/x4781s/x4781s.pdf

Banco de la República. (15 de 10 de 2021). *Banco de la República*. Obtenido de https://www.banrep.gov.co/es/blog/choques-climaticos-y-sus-efectos-sobre-el-sector-agricola-colombia

Cambiagro. (02 de 2023). *Cambiagro*. Obtenido de https://blog.cambiagro.com/2023/02/11/que-es-tecnologia-agricola/

Concepto. (s.f.). Obtenido de https://concepto.de/wp-content/uploads/2018/09/corrientes-marinas2-e1536755180913.jpg

Consulting, I. (s.f.). *Idencity Consulting*. Obtenido de https://www.idencityconsulting.com/wp-content/uploads/2017/10/foto-portada-e1518164347992.png

Cupasa. (s.f.). *Cupasa*. Obtenido de https://www.cupasa.com/proteccion-cultivos

Datos Abiertos. (15 de 07 de 2022). Obtenido de https://www.datos.gov.co/Agricultura-y-Desarrollo-Rural/Evaluaciones-Agropecuarias-Municipales-EVA/2pnw-mmge

Demográfico, M. P. (s.f.). *Ministerio Para La Transición Ecológica Y El Reto Demográfico*. Obtenido de https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/proteccion-nitratos-pesticidas/impacto-calidad-agua.html#:~:text=El%20uso%20de%20fertilizantes%20es,aguas%20por%20filtraci%C3%B3n%20o%20escorrent%C3%ADa.

dreamstime. (s.f.). Obtenido de https://thumbs.dreamstime.com/b/el-calor-term%C3%B3metro-muestra-que-la-temperatura-es-caliente-en-el-cielo-verano-97587143.jpg

Drucker, P. (s.f.). *Terra Fundación*. Obtenido de https://www.terra.org/categorias/ecologia-practica-consejos-ecologicos/la-mejor-estructura-no-garantizara-los-resultados

FAO. (s.f.). *FAO*. Obtenido de https://www.fao.org/3/a1374s/a1374s07.pdf

FINAGRO. (14 de 06 de 2023). *Articulos | Finagro*. Recuperado el 11 de 2023, de Articulos | Finagro: https://www.finagro.com.co/noticias/articulos/crecimiento-del-sector-agropecuario-agroexpo-2023-reto-desarrollo-del-campo-0

Fisica Termodinamica. (s.f.). Obtenido de https://gloriatabares21.files.wordpress.com/2013/09/presion-atmosferica.jpg

Forest, R. (s.f.). *Rain Forest*. Obtenido de https://www.rainforest-alliance.org/wp-content/uploads/2018/08/amazon-deforestation-fire-768x512.jpg.optimal.jpg

Freepik. (s.f.). *Freepik*. Obtenido de https://img.freepik.com/fotos-premium/robots-are-working-in-greenhouse-with-plants-growing-generative-ai_899894-58340.jpg?size=338&ext=jpg&ga=GA1.1.1016474677.1696723200&semt=ais

Hidráulica, G. (12 de 07 de 2022). *Grupo Hidráulica*. Obtenido de https://grupohidraulica.com/noticias/2022/07/12/que-es-riego-tecnificado-beneficios-agricultura/

Hydro Environment. (2023). Obtenido de https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=124

Iniciativa Munidial del Gobierno de los E.E.U.U, contra el hambre y la inseguridad alimentaria. (s.f.). *Feed The Future*. Obtenido de https://www.proinnovaguatemala.org/boletines/que-es-la-transferencia-tecnologica-en-la-agricultura-boletin-81/

Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH). (29 de 10 de 2019). *Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH)*. Obtenido de https://www.cdc.gov/spanish/niosh/topics/reprod/pesticidas.html

International School of Agri Management. (18 de 04 de 2023). *ISAM*. Obtenido de https://isam.education/3-avances-tecnologicos-que-estan-cambiando-la-agricultura/

Isabel Pérez. (01 de 06 de 2020). *Ciencia UNAM-DGDC*. Obtenido de https://ciencia.unam.mx/uploads/textos/ar_baja_actividad_solar_01_12032020.gif

José Graziano da Silva. (18 de 10 de 2016). *ABC Natural*. Obtenido de https://www.abc.es/natural/ventana-biodiversidad/abci-cambio-climatico-devuelve-incertidumbre-tiempo-eramos-cazadores-201610181346_noticia.html

Juan José Echavarría Soto, M. V. (07 de 2018). *Superando barreras: el impacto del crédito en el sector agrario en Colombia*. Obtenido de https://repositorio.banrep.gov.co/bitstream/handle/20.500.12134/9362/LBR_2018-07?sequence=5&isAllowed=y

Masa, A. (30 de 08 de 2018). *The Weather Channel*. Obtenido de https://s.w-x.co/es_es_viento_palmeras.jpg

Moore, J. G. (s.f.). *mundifrases.com*. Obtenido de https://www.mundifrases.com/tema/recursos/

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (s.f.). *FAO*. Obtenido de https://www.fao.org/fileadmin/templates/medium/images/cover/medium_2_e682ddd1e5b58b1cd7feb71d2a87a72b.jpg

Palacios, C. C. (03 de 05 de 2019). *LinkedIn*. Obtenido de https://media.licdn.com/dms/image/C4E12AQHbRhM6Gcc4EQ/article-cover_image-shrink_720_1280/0/1556844005467?e=2147483647&v=beta&t=PndTpbzpnlh_SFsyTB5WYCahjak7DEyZ2XubxjuMJIw

Perfetti, J. J., Balcázar, Á., Hernández, A., & Leibovich, J. (2013). *Políticas para el desarrollo de la agricultura en Colombia.* Bogotá, D.C: La Imprenta Editores S.A.

Pesquera, S. d. (03 de 05 de 2016). *Gobierno de México*. Obtenido de https://www.gob.mx/siap/articulos/el-impacto-de-las-plagas-y-enfermedades-en-el-sector-agricola

Sánchez, J. (10 de 08 de 2020). *Ecología Verde*. Obtenido de https://cdn0.ecologiaverde.com/es/posts/2/4/3/cual_es_la_importancia_de_la_humedad_atmosferica_1342_600_square.jpg

Sembralia. (26 de 08 de 2020). *Sembralia*. Obtenido de https://sembralia.com/cdn/shop/articles/fertilizantes1.jpg?v=1648560389

Sembralia. (17 de 01 de 2023). *Sembralia*. Obtenido de https://sembralia.com/blogs/blog/practicas-agricolas-que-perjudican-el-suelo-que-debemos-hacer-para-conservar-en-buenas-condiciones-los-suelos

Soto, R. (20 de 05 de 2022). *BISON*. Obtenido de https://www.bi5on.com/blogs/entry/41-la-metodolog%C3%ADa-crisp-dm/

Tarakanov, V. (28 de 10 de 2022). *IAEA Organismo Internacional de Energía Atómica*. Obtenido de https://www.iaea.org/es/newscenter/news/que-es-la-erosion-del-suelo#:~:text=La%20erosi%C3%B3n%20es%20un%20proceso,para%20el%20cultivo%20de%20alimentos.

Tech, T. F. (s.f.). *The Food Tech*. Obtenido de https://thefoodtech.com/wp-content/uploads/2023/01/suben-precios-de-alimentos-basicos-en-el-mundo.jpg

Tenjo Galarza, J., & Jaimes, C. A. (2018). Ingresos y educación en el sector rural colombiano. *Revista de Economía Institucional*, 1.

UCR. (s.f.). Obtenido de https://www.ucr.ac.cr/medios/fotos/2018/35c0fc402b4e86.jpg

Wikipedia. (08 de 10 de 2023). *Wikipedia*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_agr%C3%ADcola

WikiSabio. (29 de 12 de 2019). Obtenido de https://i0.wp.com/wikisabio.com/wp-content/uploads/2019/12/descarga-498.jpg?fit=417%2C306&ssl=1

Anexo 1: Listado Datos Adquiridos.

Nombre de la columna	Descripción	Tipo
CÓD. DEP.	Código del departamento, según lo establecido por el DANE	Número
DEPARTAMENTO	Departamento Colombiano	Texto simple
CÓD. MUN.	Código del municipio, según lo establecido por el DANE	Número
MUNICIPIO	Municipio Colombiano	Texto simple
GRUPO DE CULTIVO	Categoría del cultivo	Texto simple
SUBGRUPO DE CULTIVO	Tipo de cultivo según categoría	Texto simple
CULTIVO	Nombre del cultivo	Texto simple
DESAGREGACIÓN REGIONAL Y/O SISTEMA PRODUCTIVO	Nombre genérico del cultivo	Texto simple
AÑO	Año de producción	Número
PERIODO	Periodo medico	Texto simple
Área Sembrada (ha)	Área sembrada en hectáreas	Número
Área Cosechada (ha)	Área cosechada en hectáreas	Número
Producción (t)	Tiempo de producción	Número
Rendimiento (t/ha)	Rendimiento de la cosecha	Número
ESTADO FISICO PRODUCCION	Estado del producto	Texto simple
NOMBRE CIENTIFICO	Nombre científico del cultivo	Texto simple
CICLO DE CULTIVO	Ciclo del cultivo en el país	Texto simple