

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN



**Aplicación web usando Deep Learning aplicado al reconocimiento de plagas
y enfermedades para mejorar el tratamiento de los cultivos de papa Yungay
en Cutervo-Angurra**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

AUTOR

Elis Dina Cabrera Herrera

ASESOR

Roger Ernesto Alarcon Garcia

<https://orcid.org/0000-0003-1178-0519>

Chiclayo, 2025

**Aplicación web usando Deep Learning aplicado al reconocimiento
de plagas y enfermedades para mejorar el tratamiento de los
cultivos de papa Yungay en Cutervo-Angurra**

PRESENTADA POR

Elis Dina Cabrera Herrera

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

APROBADA POR

Miguel Ángel Díaz Espino
PRESIDENTE

Ricardo David Imán Espinoza
SECRETARIO

Roger Ernesto Alarcon Garcia
VOCAL

Dedicatoria

A Dios que ha iluminado mi camino con inteligencia y sabiduría para así lograr estos objetivos.

A mi familia quienes han sido el pilar fundamental para cumplir mis sueños por lo que estoy infinitamente agradecida.

Agradecimientos

Al asesor de tesis quien ha guiado el desarrollo de esta investigación.

A todos los agricultores del caserío Angurra ubicado en el Distrito y Provincia de Cutervo Departamento de Cajamarca quienes fueron parte fundamental en este proceso y siempre estuvieron prestos a colaborar en dicha investigación.

A todos los docentes de la carrera de Ingeniería de Sistemas y Computación por los conocimientos impartidos todos estos años. Muchas Gracias.

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1**laccei.org**

Fuente de Internet

5%**2****tesis.usat.edu.pe**

Fuente de Internet

3%**3****hdl.handle.net**

Fuente de Internet

1%**4****repositorio.utc.edu.ec**

Fuente de Internet

1%**5****e-archivo.uc3m.es**

Fuente de Internet

<1%**6****repositorio.uladech.edu.pe**

Fuente de Internet

<1%**7****redepapa.org**

Fuente de Internet

<1%**8****Jimenez Chura, Adolfo Carlos. "Análisis predictivo para los procesos de admisión de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno", Universidad Nacional del Altiplano de Puno (Peru)**

Publicación

<1%**9****Submitted to upec**

Trabajo del estudiante

<1%

Índice

Resumen	8
Abstract	9
Introducción	10
Revisión de la literatura.....	15
1.1. Antecedentes.....	15
1.1.1. Antecedentes internacionales	15
1.1.2. Antecedentes nacionales.....	16
1.1.3. Antecedentes locales.....	18
1.2. Bases teórico científica.....	19
1.2.1.Cultivo de la Papa Yungay	19
1.2.1.1. Procedimiento de siembra	19
1.2.1.2. Plagas y enfermedades que presenta el cultivo de papa	20
1.2.2.Conceptos básicos que se deben de conocer para la creación de la Aplicación web usando Deep Learning.....	22
1.2.2.1. Inteligencia artificial.....	22
1.2.3.Técnicas de IA	22
1.2.3.1. Deep Learning.....	22
1.2.4.Redes Neuronales	23
1.2.4.1. Redes Neuronales Artificiales	23
1.2.5.Metodologías	24
1.2.5.1. Metodología CRISP-DM	24
1.2.5.2. Metodología Ágil de Desarrollo SCRUM	25
1.2.6.Técnicas de pruebas de software	26
1.2.6.1. Caja Negra y Caja Blanca.....	26
1.2.7.Lenguajes y Librerías	26
1.2.7.1. Lenguaje Python	26
1.2.7.2. Librería MiniSOM	26
1.2.7.3. Librería NumPy	27

1.2.8. Plataforma.....	27
1.2.8.1. Google Colab.....	27
Materiales y Métodos.....	28
1.3. Tipo de Investigación.....	28
1.4. Métodos de Investigación.....	29
1.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	29
1.6. Procedimientos.....	30
1.6.1. Metodología de Desarrollo.....	30
1.6.2. Producto acreditable.....	30
1.6.2.1. Interfaces.....	30
1.6.2.2. Infraestructura tecnológica.....	33
1.6.3. Manual de usuario.....	33
1.7. Matriz de consistencia.....	33
1.8. Consideraciones éticas.....	36
Resultados y discusión.....	36
1.9. En base a la metodología utilizada.....	36
1.9.1. Metodología CRISP-DM.....	36
1.9.1.1. Primera fase: Comprensión del negocio.....	36
1.9.1.1.1. Objetivo General.....	36
1.9.1.1.2. Objetivos Específicos.....	37
1.9.1.2. Segunda fase: Comprensión de los datos.....	39
1.9.1.3. Tercera fase: Preparación de los datos.....	43
1.9.1.4. Cuarta fase: Modelado.....	47
1.9.1.5. Quinta fase: Evaluación.....	50
1.9.1.6. Sexta fase: Implantación.....	51
1.9.2. Metodología SCRUM.....	52
1.9.2.1. Planificación del Sprint.....	52
1.9.2.2. Desarrollo del Sprint con la creación del Sprint Backlog o iteración de tareas55	
1.9.2.3. Revisión retrospectiva del Sprint.....	55
1.9.2.4. Lanzamiento.....	55

1.10. En base a los objetivos de la investigación.....	56
1.10.1. Crear un modelo computacional con base en imágenes aplicando redes neuronales artificiales entrenadas para reconocer plagas y enfermedades en los cultivos de papa Yungay.....	56
1.10.2. Elaborar la aplicación web que de soporte al procesamiento del modelo computacional formulado para determinar el tratamiento correspondiente.	57
1.10.3. Clasificar el repositorio de imágenes con base a la manifestación de los patógenos que identifican plagas y enfermedades, así como de cultivo sano.	57
1.10.4. Aplicar las técnicas de prueba establecidas que aseguran la calidad de la Aplicación Web.	58
1.11. Impactos esperados.....	58
1.11.1. Impactos económicos	58
1.11.2. Impactos sociales.....	59
1.11.3. Impactos en tecnología	59
1.11.4. Impactos ambientales	59
1.11.5. Impactos en la formación de cadenas productivas	60
Conclusiones	63
Recomendaciones.....	64
Referencias	65
Anexos.....	69
Anexo N° 01. Constancia de aprobación del producto acreditable de la entidad donde se ejecutó la tesis.....	69
Anexo N° 02. Instrumentos de recolección de datos.....	74
Anexo N° 03. Entrevista realizada al ingeniero agrónomo	76
Anexo N° 04. Cuestionario con respecto al uso de la aplicación web realizado al especialista	78
Anexo N° 05. Manual de usuario	79

Resumen

La detección temprana de las plagas y enfermedades en el cultivo de papa Yungay es importante porque ayuda a evitar pérdidas en la producción. Continuamente los agricultores del caserío Angurra se ven perjudicados a causa de un diagnóstico tradicional que no les permite llevar un correcto control de las mismas. Dicha situación encontrada ha permitido encaminar esta investigación con el objetivo de desarrollar una aplicación web usando Deep Learning aplicado al reconocimiento de plagas y enfermedades para mejorar el tratamiento de los cultivos de papa Yungay, mediante el procesamiento de imágenes, las cuales fueron extraídas de 30 cultivos de papa en diferente temporalidad y ubicación. Se hizo uso de dos metodologías, una de ellas fue CRISP-DM y la otra fue metodología SCRUM. La primera se utilizó para la elaboración del modelo computacional basado en redes neuronales artificiales (SOM) utilizando técnicas del Deep Learning la cual dio como resultado una precisión de 99.42%, esto con la entrada de las 4 mil imágenes y su procesamiento en cuanto a características que fueron determinados y evaluados por el modelo. Su desarrollo se realizó en la plataforma Google Colab utilizando el lenguaje Python aplicándose las 6 fases que comprende la metodología. La segunda se utilizó para el desarrollo de la aplicación web, ambas metodologías interactuaron entre sí para lograr una respuesta dando como resultado la creación de la aplicación web que generó un resultado de detección de plagas o enfermedades. En la construcción de la aplicación web se utilizó la herramienta Django usando el lenguaje Python, incluyendo todas las fases de desarrollo de la metodología Scrum. En conclusión, se logró obtener una precisión óptima y confiable en un rango de precisión de 99.42%, lo cual hace que esta investigación sea de suma importancia para los agricultores de papa Yungay.

Palabras clave: Papa Yungay, plagas, enfermedades, Visión artificial, Red neuronal SOM, Inteligencia Artificial, Deep Learning

Abstract

Early detection of pests and diseases in the Yungay potato crop is important because it helps to avoid production losses. Farmers in the Angurra hamlet are continually harmed because of a traditional diagnosis that does not allow them to have a correct control of them. This situation has allowed us to conduct this research with the objective of developing a web application using Deep Learning applied to the recognition of pests and diseases to improve the treatment of potato crops Yungay, by processing images, which were extracted from 30 potato crops in different season and location. Two methodologies were used, one was CRISP-DM and the other was SCRUM methodology. The first was used to develop the computational model based on artificial neural networks (SOM) using Deep Learning techniques which resulted in an accuracy of 99.42%, this with the input of the 4 thousand images and their processing in terms of characteristics that were determined and evaluated by the model. Its development was carried out on the Google Colab platform using the Python language, applying the 6 phases that comprise the methodology. The second was used for the development of the web application, both methodologies interacted with each other to achieve an answer resulting in the creation of the web application that generated a pest or disease detection result. In the construction of the web application, the Django tool was used using the Python language, including all the development phases of the Scrum methodology. In conclusion, it was possible to obtain an optimal and reliable accuracy in an accuracy range of 99.42%, which makes this research of utmost importance for Yungay potato farmers.

Keywords: Yungay potato, pests, diseases, Artificial vision, SOM neural network, Artificial Intelligence, Deep Learning.

Introducción

En el presente trabajo de investigación se tiene como propósito apoyar en el proceso de reconocimiento de plagas y enfermedades en los cultivos de papa Yungay, para realizar una detección temprana y frente a ello establecer el tratamiento adecuado para mejorar el cultivo. Actualmente, la papa llamada científicamente *Solanum tuberosum* originaria de Perú, es uno de los cinco tubérculos más cultivados por diversas regiones, con una creciente demanda especialmente en Europa, América del Norte, América del sur y algunas partes de Asia. Tal es así que Emin et al [1] resalta que hasta el 2021 el consumo alcanzaba alrededor de 388 millones de toneladas al año, ya sea en el consumo de papa fresca o procesada, dicho consumo varía de acuerdo a las costumbres de cada país. De acuerdo con Hijmans [2] resalta que China es el principal país productor de papa, tanto así que en el 2020 llegó a producir el 21.8% del total de producción de papa a nivel mundial, siendo este total de 354,812,093 toneladas, el segundo productor es la India con 14.3% (51,300,000), seguido de Ucrania con 5.8% (20,837,990), Rusia con 5.6% (19,607,361), Estados Unidos con 5.4% (18,789,97), entre otros países productores.

En países sudamericanos como el caso de Perú según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO) [3], indican que existen más de cuatro mil variedades de papa, siendo las zonas altoandinas donde más se cultiva este tubérculo, entre ellas Huagalina, Amarilla Tumbay, Amarilla del Centro, Peruanita, Huayro, Huamantanga, Compis, Yana Imilla, Yungay, entre otras variedades. Por otro lado Trujillo et al [4], indica que Perú se ubica primero en la lista de producción con 5 467 041 toneladas, seguido de Brasil con 3 767 769, Colombia con 2 625 272 toneladas, Argentina con 2 426 526 toneladas, entre otros países de la región.

Sin embargo, su producción se ve afectada por múltiples factores, tal es el caso de las plagas y enfermedades que invaden el cultivo, evitando que crezcan y se desarrollen de manera normal, a su vez Álvaro y Cárdenas [5] hacen mención que el SENASA, el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), el Centro Internacional de la papa (CIP), el Gobierno regional de Piura, Municipalidad Provincial de Huancabamba, consideran que las causas que vienen originando la falta de formación del tubérculo de papa, son las plagas y enfermedades, tal cual lo indica el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) [6] en donde precisan que la baja calidad del tubérculo es la mala administración de fungicidas frente a una plaga mal detectada. Estas plagas mayormente se detectan cuando el cultivo está bastante afectado, lo cual dificulta su tratamiento,

como lo precisa el Fondo Nacional de Fomento de la papa (FNFP) [7], tal es el caso de la plaga *Liriomyza huidobrensis* o mosca minadora, *Phytophthora Infestans* más conocida como la rancha, *Premnotrypes* SPP más conocido como el gorgojo de los andes, etc., sin embargo indica, si se pudiera detectar a tiempo, se fumigaría con el tratamiento adecuado.

A nivel mundial China como primer productor de papa también padece de plagas en sus cultivos una de ellas es la llamada *Phthorimaea Operculella* que comúnmente se conoce como polilla, dicha plaga deposita sus larvas en el tubérculo causando daños y pudriciones, afectando a los cultivos principalmente en los sectores secos y cálidos, la afectación puede llegar a ser del 20% al 40% del total de la producción, esto va a depender de factores como las condiciones climáticas, medidas de control, variedad de papa, entre otros, por otro lado, está la Mosca minadora de la hoja (*Liriomyza* Spp) las cuales las larvas de estas moscas minan galerías en las hojas de la papa, lo que tiende a debilitar la planta y reducir su capacidad para fotosintetizar, su rendimiento se puede ver afectado hasta un 30% o más en condiciones de infestación severa, tal cual lo resalta Camacho et al [8] .

Asimismo en Colombia, Camacho et al [8], especifica que los cultivos también son afectados por la plaga de Nematodos que son pequeños gusanos que infectan las raíces de la papa, causando daños y reduciendo la absorción de nutrientes, Se estima que en algunas áreas y situaciones, los nematodos pueden causar pérdidas de rendimiento de hasta un 50% o más, esto va a depender de las circunstancias de cada cultivo, por otro lado, al igual que en China están presentes la Polilla y la Mosca Minadora ocasionado los mismos efectos.

En el Perú, según el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) [9] señala que la papa es el producto bandera del país, su cultivo mayormente se da en la sierra norte y sur. En el 2021 se cultivaron alrededor de 5.4 millones de toneladas en sus diferentes variedades, siendo esta la superficie de la cosecha de 324,000 hectáreas donde el consumo per cápita en el 2000 fue de 76 kilos por persona, actualmente la cifra ha ido creciendo llegando a 92 kilos per cápita y se estima que seguirá en aumento en los siguientes años. Sin embargo, existen factores que provocan que la producción de alguna manera se vea afectada tal es el caso de la Plaga de la mosca minadora, gorgojo de los andes, Rancho, entre otras.

En relación a ello, la mayoría de los agricultores de papa a nivel mundial al igual que Perú que no es excepto a los problemas de plagas y enfermedades en los cultivos de

papa, la misma que se acrecienta por no saber dar un tratamiento adecuado a la aplicación de fungicidas lo que provoca que los cultivos se vuelvan resistentes viéndose disminuido su control temprano, así lo indica el Centro Internacional de la papa (CIP) [10].

Del mismo modo los cultivos de papa del caserío de Angurra, ubicado en la provincia de Cutervo Departamento Cajamarca-Perú, en donde el cultivo de papa es la fuente más importante de ingreso de la zona, la papa Yungay es la que más se cultiva en la zona cuya producción data de un promedio de dos mil hectáreas de sembríos llegando a producir aproximadamente 40,000 toneladas por campaña, donde cada año se pretende incrementar más dicha cantidad (ver anexo 02), aunque frente a ello existen diversos factores que influyen directamente en la producción, uno de ellos es el costo elevado que últimamente se presentan de los insumos agrícolas, según Ordinola y Devaux [11] refiere que a raíz de la pandemia que azotó al mundo, este incremento se ha dado hasta en un 80 % es decir si un Químico costaba en el 2018 S/100 , en el 2022 llegó a costar S/180 soles. Otro factor es la presencia de plagas y enfermedades que trae consigo pérdidas en la producción, incremento de mano de obra y elevado gasto en la fumigación (ver anexo 02).

En cuanto a la enfermedad que más ataca sus cultivos es la racha (ver anexo 02) su proliferación es con el viento y en épocas de lluvia. De acuerdo con Cabrera et al [12] esta enfermedad causa que las hojas del cultivo se tornen de color negro, llegando a tener un aspecto acuoso, lo cual se expande rápidamente ocasionando que la planta se debilite por ende disminuya su producción.

Por otro lado, existen dos plagas que atacan sus cultivos: la mosca minadora y el gorgojo de los andes (ver anexo 02). De acuerdo con Cabrera et al [12] indica que en el caso de la mosca minadora en su etapa adulta se encuentra reposando en las hojas donde deposita sus huevos. Las larvas emergentes se alimentan del tejido foliar iniciando daño en ellas, presentándose como minas de puntos blancos dentro de la hoja, disminuyendo su capacidad fotosintética, al inicio se puede presentar como un daño leve es decir en porcentajes representa el 10% del total de la producción, sin embargo cuando afecta el 50% estamos hablando de un daño moderado es decir una infestación más severa que aún puede ser controlable, el problema es cuando esto se convierte en un daño severo que estaría perjudicando por encima del 50% corriendo el riesgo de perder toda la producción.

En cuanto al gorgojo de los andes De Souza [13], precisa que al igual que la mosca minadora se alimenta del mesófilo de la planta, dejando las hojas cortadas en media luna, el patógeno penetra en los tejidos y utiliza los nutrientes presentes en las células para su crecimiento, mayormente se prolifera de noche y cuando hay lluvias lo cual afecta directamente a la calidad de la papa.

Por tanto, es necesario tomar en cuenta estos sucesos y estadísticas de afectación de la planta de cultivo de la papa Yungay, en el contexto del análisis y aplicación de diferentes funciones en el campo de la ciencia, específicamente en la inteligencia artificial, para identificar la clase de plaga a la que pertenecen estas hojas de papa y poder ser aplicados en un medio tecnológico más accesible y de modo masivo como en la web, aplicativo móvil, etc.

En este campo se han suscitado múltiples y relevantes investigaciones, con el fin de mitigar la afectación de plagas en los diferentes cultivos, tales como Zheng et al [14] quien utilizó el método de clasificación basados en redes neuronales convolucionales (CNN) para el reconocimiento de imágenes de cultivos infectados de plagas de insectos en el campo, en su fase de larva para realizar un tratamiento temprano, reduciendo oportunamente la pérdida de rendimiento en los productos agrícolas, logrando un nivel de precisión de reconocimiento del 98,4% en la identificación de 30 clases de larvas.

Por otra parte, Mwenda et al [15] aplicaron un sistema de control de plagas IBPIS, logrando mejorar el 64.6% del control de plagas para el agricultor, generando información disponible que ayude a la toma de decisiones.

Luego Qi et al [16] quienes utilizaron un modelo de red residual para extraer completamente las características de la plaga de 25 378 imágenes y 24 categorías, logrando una precisión de 72.5% en la identificación de la plaga.

En otra investigación Hadipour [17] usó un método moderno y no destructivo como es la visión artificial y el aprendizaje profundo por medio de una red neuronal, para la detección temprana de plagas en productos agrícolas. Tomándose como muestras a las 1519 imágenes de cítricos en tres etapas: La primera antes de la infestación de plagas, la segunda al comienzo de la infestación de frutos y la tercera ocho días después de la segunda etapa, en condiciones de luz natural (7000–11 000 lux). Los cuales fueron usados para clasificar las imágenes, el 70% para la etapa de entrenamiento de la red, el 10% y el 20% de las imágenes se utilizaron para las etapas de prueba o testeo, obteniendo una precisión de 99.34%.

Asimismo, frente a la problemática que viene afrontando el caserío Angurra se propone la siguiente pregunta ¿De qué manera se puede apoyar al reconocimiento y tratamiento de las plagas y enfermedades en los cultivos de papa Yungay en la provincia de Cutervo caserío Angurra?

Por tanto, la presente investigación pretende apoyar en la detección de tipos de plagas y enfermedades en la papa Yungay, usando como herramienta la visión artificial y la red neuronal artificial (específicamente la red neuronal SOM), para tener un criterio más cercano en la clasificación de tipos de plagas y enfermedades.

Para poder llegar a realizar el objetivo general se plantearon los siguientes objetivos específicos, crear un modelo computacional con base en imágenes aplicando redes neuronales artificiales entrenadas para reconocer plagas y enfermedades en los cultivos de papa Yungay, además de ello elaborar la aplicación web que de soporte al procesamiento del modelo computacional formulado para determinar el tratamiento correspondiente, clasificar el repositorio de imágenes con base a la manifestación de los patógenos que identifican plagas y enfermedades, así como de cultivo sano, finalmente, aplicar las técnicas de prueba establecidas que aseguran la calidad de la aplicación web. Así mismo, esta investigación se justifica desde el ámbito científico porque mediante el uso de las redes neuronales artificiales se mejoró de manera significativa la precisión en la detección de las plagas y enfermedades en el cultivo de papa Yungay lo cual va a facilitar la toma de decisiones basadas en datos y promover la colaboración en el ámbito agrícola. A su vez se justifica de manera económica porque generó ahorro en costos de mano de obra, a la vez redujo el tiempo de detección de plagas, enfermedades y el uso de pesticidas innecesarios, lo cual se vio reflejado en la mejora de la productividad. Por otro lado, se justifica de manera social al promover la sostenibilidad agrícola, es decir al detectar de manera oportuna las plagas y enfermedades reduciendo el uso de pesticidas, que significó un beneficio para los agricultores y el medio ambiente. Finalmente se garantiza la seguridad alimentaria, a su vez se proporcionó acceso a conocimientos y recursos que ayuden a fomentar la colaboración en la comunidad agrícola los cuales contribuyeron al desarrollo rural y económico. Finalmente, esta investigación se justifica de manera tecnológica porque se hace uso de tecnologías ya sea en el hardware y software que han permitido el desarrollo de esta aplicación web con la finalidad de apoyar al reconocimiento y tratamiento de plagas y enfermedades en los cultivos de papa Yungay.

Revisión de la literatura

1.1. Antecedentes

Para el desarrollo de la presente investigación, se procedió a la recopilación de información en las distintas bases de datos, que pudieran ser aptos para dar un apoyo a la solución planteada.

1.1.1. Antecedentes internacionales

Zhang et al [18] quienes utilizaron el modelo YOLOX para la detección de enfermedades y plagas en tiempo real, específicamente en el algodón, utilizando 5760 imágenes de plagas y enfermedades de diferentes tipos de plagas de algodón, alcanzando el 94.60% de precisión, para mejorar dicho modelo utilizaron la combinación del Densenet, bloque residual, Hard-Swish entre otras técnicas donde se pudo dar con características clave de cada una de las plagas, por otro lado, utilizaron el algoritmo K-means que les sirvió para agrupar la caja de anclaje y adoptaron una estrategia de entrenamiento multiescala. Al ser un modelo de detección de plagas y enfermedades me sirve para tener un apoyo de los algoritmos utilizados y mejorar mi propuesta.

Continuando con Vargas [19] quien implementó una página web en la Paz, para dar una alternativa de solución a la problemática de plagas en la papa, específicamente a dos de ellas, el gorgojo de los andes y la polilla. Para ello aplicó una metodología ágil basado en Scrum, donde se diseñó una página web en el entorno de desarrollo Web AppBuilder y en el entorno ArcGIS Online, en este caso no hizo uso de las redes neuronales para hacer el aprendizaje, como agregado el autor diseñó las imágenes en un entorno de hoja de trabajo de Adobe Photoshop. En definitiva, esta investigación está contenida en una página web, lo cual sirvió de guía para la construcción de dicha plataforma.

Así mismo, Zhao et al [20] donde creó un sistema de monitoreo de plagas específicamente en insectos de granos almacenados, se vio en la necesidad de crear dicho sistema basado también en redes neuronales convolucionales (CNN) debido a que descubrió la problemática que presentaban los agricultores cuando almacenaban sus granos, estos eran devorados por insectos de diferentes especies, básicamente esto dependía

de las condiciones en las que se encontraba el granero ya sea, humedad, calor, frío, entre otras condiciones climáticas, también utilizó un aprendizaje profundo basado en DPeNet que permitió no solo hacer una detección sino también un conteo de las mismas, siendo un modelo muy acertado en cuanto a detección de las plagas en diferentes tamaños ya que se logró una precisión del 93%. Por otro lado, las plagas eran atraídas por una trampa adhesiva, lo cual les permitió tener información en tiempo real. Esta investigación contribuye al manejo y funcionamiento de las redes neuronales con aprendizaje profundo lo cual es de suma importancia para desarrollar dicha investigación.

1.1.2. Antecedentes nacionales

Galán [21] refiere en su investigación la problemática que presentan los agricultores de arroz, del Departamento de Lambayeque, debido a las plagas que constantemente afectan a sus cultivos, planteó su estudio en base a dos enfermedades y una plaga, ante ello un sistema inteligente de reconocimiento de imágenes, aplicando un modelo basado en entrenamiento de redes neuronales convolucionales, llegando a utilizar 15 mil imágenes, donde se pudo identificar patógenos que caracterizan a las plagas y enfermedades, mientras más imágenes el éxito de detección fue mejor, el resultado final se presentó en una aplicación móvil desarrollada en Android Studio. Asimismo, señala que utilizó dos metodologías para su investigación tanto CommonKads y RUP sirvieron para abordar todo el ciclo de la creación del software, al final se obtuvieron resultados exitosos donde se llegó al reconocimiento de la plaga o enfermedad que estaría afectando al cultivo de arroz. Este antecedente tiene relación con el presente trabajo de investigación en la solución al problema de plagas y enfermedades en la papa, si bien es cierto en esta investigación se plantea realizar una aplicación móvil, aquí se desarrolló una página web. Sin embargo, se estarán considerando recursos tecnológicos de dicha investigación.

Villaseñor et al [22] propuso ante la problemática que presenta el cultivo de jitomate una solución a base de redes neuronales artificiales para detener a tiempo las plagas, como agregado diseñó un robot teledirigido

que, mediante dos cámaras de alta resolución apoyaron a la detección y clasificación de patrones en dichos cultivos. Para tal investigación se llevó a cabo el estudio de tres plagas: pulgones, mosca blanca y araña roja, de las cuales se recabó 150 imágenes por plaga, es decir un total de 450 imágenes que sirvieron para entrenar la red neuronal artificial basado en Keras, donde el porcentaje que deseaban obtener era igual o mayor 89% de efectividad. Para ello se iba entrenando la red neuronal en base a imágenes que estaban en el peso o sobrepasaban, se tenía en cuenta la dimensión de la foto, la alta resolución que era tomada por el robot en diferentes ángulos, dichas tomas se hacían tanto a plantas con plagas como a plantas sin plaga. En definitiva, esta investigación logró obtener resultados esperados y apoyó de manera significativa a los cultivos de jitomate. Tomando en cuenta esta investigación que aborda el aprendizaje mediante redes neuronales artificiales, algo que se aplicó en la presente investigación donde se tomó el aprendizaje de la red neuronal mediante el procesamiento de imágenes y otros factores como la visión artificial para clasificar y detectar patrones de comportamiento en las plagas.

Ferrer [23] da a conocer la problemática existente al igual que los demás autores, acerca de las plagas en las plantas, ante ello propuso la creación de un sistema apoyado de algoritmos de Deep Learning, que ayudan con el monitoreo y la detección de plagas, en este caso, como agregado el autor creó un huerto inteligente monitoreado por sensores, también utilizó vehículos aéreos no tripulados, que permitieron recopilar fotos de las plantas, mediante las cuales se observó las características de cada una de ellas, tomando algunas de ellas para entrenar la red neuronal y llevar a cabo la creación del sistema de detección de plagas, después de aplicadas las pruebas se obtuvo el resultado que se esperaba. Esta investigación aporta significativamente al trabajo propuesto ya que las técnicas de Deep Learning abordadas servirán de apoyo lógico para desarrollar el sistema computacional propuesto.

Por otro lado, Ramon [24] hace referencia a la aplicación de redes neuronales, en las diferentes enfermedades que puedan presentar las personas, tal es el caso del cáncer de mama, dicha investigación se realizó en el hospital las Mercedes, el problema es que en la mayoría de hospitales

públicos, no cuentan con un diagnóstico eficiente, rápido y preciso en cuanto a la detección de tumores de mama, debido a ello propuso la creación de un sistema inteligente que pudiera brindar un apoyo en cuanto al diagnóstico de dicha enfermedad, su estudio se basó en mujeres mayores de 40 a 60 años, que en muchos casos son más propensas a presentar cáncer de mama. El autor utilizó las redes neuronales convolucionales entrenadas a través de imágenes de mujeres que presentaban cáncer de mama, que fueron recabadas del mismo hospital, por otro lado, se llegó a utilizar la metodología del Machine Learning haciendo uso de las técnicas del Deep Learning. Asimismo, se obtuvo un porcentaje de precisión del 99.41% llegando a cumplir con los objetivos trazados, siendo un apoyo considerable y de gran relevancia tanto para el hospital las mercedes como para las ciencias de la salud. Dicha investigación tiene relación, por lo que abordan las técnicas de Deep Learning y utilizan las redes neuronales convolucionales para el aprendizaje, junto con la librería Keras para su desarrollo.

1.1.3. Antecedentes locales

Según Vallejos [25], identificó la problemática que presentaba el distrito de Querocoto perteneciente a la provincia de Cutervo Departamento de Cajamarca, donde la mayoría de los pobladores tienen problemas al confundir las variedades de quinua y mezclarlas entre ellas causando incomodidad y malestar con los clientes, exactamente en 3 de ellas: La quinua amarilla, la quinua blanca y la quinua roja, para dar solución a dicho problema realizó la construcción de un software basado en Inteligencia Artificial que le permitió identificar patrones de similitud con otras de la misma especie a su vez localizar con apoyo de un GPS las diferentes variedades de quinua de forma rápida y confiable. Para el desarrollo, utilizó la metodología de Jhon Durkin que le permitió hacer la recolección, el análisis y el proceso de toda la información, para la extracción específica de las características utilizó Matlab y el gestor de

base de datos MySQL, la interfaz gráfica fue desarrollado en lenguaje Java. Dicha investigación se basó en la recolección de imágenes que mediante un algoritmo de reconocimiento le permitió identificar características en cada una de ellas, reduciendo significativamente el tiempo de detección de 2 a 3 días a 30 minutos. Esta investigación me permite abordar y profundizar la utilización de la inteligencia artificial en diferentes campos.

Por otra parte, Urteaga et al [26] identificaron problemas de enfermedades en los cultivos de aguaymanto en Cajamarca, es por ello que crearon una aplicación móvil llamada “Healthy Plant” basada en inteligencia artificial desarrollada en la herramienta de Custom Vision, esta herramienta le permitió crear modelos de detección de imágenes de manera personalizada, donde a través de la captura de 200 imágenes de la hoja y con ayuda de un experto se llegó hacer el entrenamiento de la iteración en Custom Vision donde a través de ello se pudo identificar y reconocer la enfermedad foliar que estaba afectando al cultivo, según la encuesta que aplicaron un 73,3% de los productores lograron identificar un mínimo de 30 plantas que presentaban alguna enfermedad, reduciendo significativamente la pérdida de la cosecha hasta en un 26%. Así mismo, la efectividad de dicha aplicación dependió de los datos utilizados para el entrenamiento que le permitieron ser confiable y eficiente. Esta investigación es desarrollada en otra herramienta sin embargo el aprendizaje que se da se hace a través de imágenes, donde se identifican básicamente patógenos de comportamiento en cada una de las enfermedades para al final arrojar como resultado la identificación de cada una de ellas lo que lo hace relevante para la presente investigación.

1.2. Bases teórico científica

1.2.1. Cultivo de la papa Yungay

1.2.1.1. Procedimiento de siembra

Para poder tener una cierta noción de cómo se da el cultivo de papa es necesario saber cómo se da la siembra de dicho producto, tal cual lo enfatiza un agricultor de la zona, donde señala que la siembra de este


tubérculo se da de manera directa, se procede primero a la preparación del terreno, luego se coloca fertilizantes a la tierra, seguidamente se coloca la semilla previamente germinada directamente en la tierra, para que luego de 15 días aproximadamente salga el brote, posteriormente la papa después de un mes de siembra deberá de ser tratada con fertilizantes que aporten nutrientes, por otro lado se aplican fungicidas, pesticidas para prevenir plagas y enfermedades. La fumigación de este producto se debería de hacer cada 8 días, dependiendo del tiempo, hasta 15 días antes de la cosecha. Asimismo, se realiza la deshierba permitiendo el desarrollo adecuado de la planta, luego se realiza la aporca para garantizar los volúmenes de tierra suficientes, por último, la cosecha. Esta información es de suma importancia conocerla para el desarrollo de esta investigación ya que nos ayudará a esclarecer el panorama de cómo es que se da el cultivo de dicho tubérculo y conocer de cerca su manejo y cuidado para que a través del aplicativo web se pueda orientar de manera adecuada y acertada al agricultor.



1.2.1.2. Plagas y enfermedades que presenta el cultivo de papa

Seguidamente como lo explica Huaynate y Corimanya [27] las plagas son difíciles de detectar de manera tradicional, aparte de que toma mucho tiempo, frecuentemente se falla en la detección, lo cual conlleva a un manejo inadecuado del uso de fertilizantes que en vez de ayudar al cultivo lo perjudican.

A continuación, se describen las características de las plagas y enfermedades que se tomaron en consideración:

TABLA I
PLAGAS Y ENFERMEDADES EN EL CULTIVO DE PAPA

Imagen	Nombre de plaga o Características enfermedad	
	Mosca minadora	Presenta en las hojas minas o puntos blancos, básicamente se alimentan del mesófilo de la planta

		haciendo perder su actividad fotosintética.
	Gorgojo de los Andes	La hoja presenta cortes en media luna, se prolifera mayormente en lluvias, cuando el cultivo esta invadido por esta plaga el tubérculo va a presentar picaduras donde se encontrarán sus larvas.
		
	La enfermedad de la Ranca	Las hojas presentan un aspecto a quemado de color negro y opaco, se presenta mayormente en época de lluvia.
		

Cada una de estas plagas y enfermedades fueron reconocidas por un ingeniero agrónomo a quien se le realizó una entrevista donde brindó información para identificar cada una de ellas sobre todo ver el comportamiento y sus características (ver anexo 03), lo cual fue importante al momento de realizar el entrenamiento y aprendizaje de la red neuronal SOM.

1.2.1.3. Tratamiento para mejorar las plagas y enfermedades en el cultivo de papa Yungay

Es importante conocer cuál es el tipo de plaga o enfermedad que está atacando el cultivo para poder prevenir la resistencia a los productos, después de identificar se procede a dar el tratamiento.

En este caso si se detecta que el cultivo está siendo atacado por el gorgojo de los andes, lo más recomendable es utilizar un producto de Bayer denominado Fenómeno(ver anexo 03), la cantidad va a depender del grado

de propagación de la plaga pero como prevención es recomendable 2ml para una mochila de fumigación de 20lts, si el cultivo está siendo afectado por la mosca minadora se recomienda el Precisión Health 3ml para una mochila de fumigación de 20lts, este producto se debe de utilizar con mucha responsabilidad porque esta plaga es muy resistente (ver anexo 03). Por otro lado, si el cultivo está siendo afectado por la enfermedad de la ranca se recomienda utilizar 2ml de Veraz para una mochila de fumigación de 20lts (ver anexo 03).

1.2.2. Conceptos básicos que se deben de conocer para la creación de la aplicación web usando Deep Learning

1.2.2.1. Inteligencia artificial

Por otro lado, entrando al tema de inteligencia artificial (IA) sobre todo en el campo del Machine Learning, que ha cobrado gran relevancia en diversos sectores, juntamente con el internet de las cosas y Big Data, han conseguido que la IA pueda automatizar procesos en diferentes dispositivos llegando a construir autos, casas y ciudades inteligentes. Asimismo, en el sector agrícola, las investigaciones demuestran que hay una cierta efectividad utilizando algoritmos de Machine Learning en cuanto a la detección de plagas y enfermedades, esto se da porque estos algoritmos computacionales ayudan a obtener mayor precisión en las predicciones como resultados. A su vez estos algoritmos presentan 3 categorías que vendrían siendo: Aprendizaje supervisado, aprendizaje no supervisado y aprendizaje por refuerzo tal como lo enfatiza Ávila et al [28]. En esta investigación se estará tomando un aprendizaje no supervisado porque el modelo se ajusta a las observaciones y no tiene un conocimiento a priori.

1.2.3. Técnicas de IA

1.2.3.1. Deep Learning

Deep Learning, definido por Cedeño [29] dice que es un modelo de los más avanzados del Machine Learning, dicho modelo se encarga del aprendizaje profundo de características de datos útiles para identificar patrones y poderlos clasificar en

categorías. Uno de los algoritmos más utilizados en este entorno son las redes neuronales, que son clasificados en 3: redes neuronales recurrentes, generativas y convolucionales, que son entrenadas con diversas imágenes con las cuales el sistema aprende y muestra una salida. Asimismo, para que se lleve a cabo la configuración de los datos en este modelo es preciso clasificarlo en 3 grupos: datos de entrenamiento, datos de validación y datos de prueba, para lo cual los datos de entrenamiento son los que necesitan un mayor porcentaje de datos para el aprendizaje.

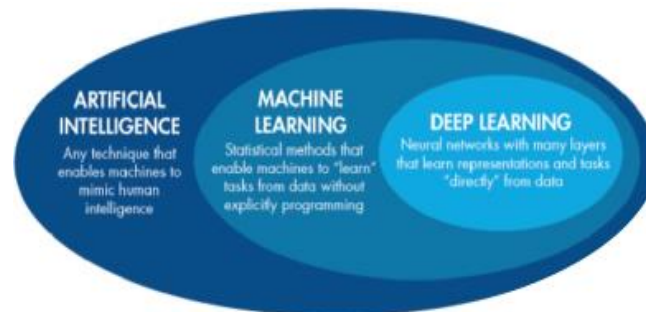


Fig. 1. Conceptos de IA, Machine Learning, Deep Learning [29].

1.2.4. Redes neuronales

1.2.4.1. Redes neuronales artificiales

Según, Ávila et al [28] nos dice que las redes neuronales artificiales son modelos matemáticos y computacionales basados en el funcionamiento del cerebro humano. Hoy en día es utilizado en diferentes campos ya sea en la medicina, agricultura, ganadería, etc. debido a sus grandes beneficios. Estas redes son una composición de unidades de procesamiento denominadas neuronas artificiales o nodos, cada una de ellas recibe ya sea una o varias entradas que son procesadas mediante funciones de activación que a su vez produce una salida. Estas entradas que recibe la red neuronal sirven para que se realice el proceso de aprendizaje los cuales lo hace mediante patrones y relaciones en los datos de entrada. Existen varios tipos, entre ellas tenemos: Perceptrón, redes neuronales multicapa (MLP), redes neuronales convolucionales (CNN), redes neuronales recurrentes (RNN), redes neuronales de mapas autoorganizados (SOM), entre otras. Basándose en las características que posee cada una de ellas, se vio preciso orientar esta investigación a la utilización de las redes neuronales SOM, debido a que se utilizan principalmente para el análisis profundo y visualización de datos, así mismo tienen la capacidad de clasificar y

agrupar datos de manera eficiente lo cual es de gran utilidad para identificar patrones y características asociadas a plagas y enfermedades en los cultivos, ya que pueden capturar la variabilidad y complejidad de los datos permitiendo así una detección precisa de las anomalías.

Huarote et al [30], nos dice que el objetivo principal de la red neuronal SOM es hacer un mapeo de los datos de entrada a un espacio bidimensional, ya que su estructura consta de una cuadrícula bidimensional en el cual se pueda mantener la estructura de datos originales, es decir los datos similares se podrán agrupar cerca uno del otro en el mapa, su aprendizaje se basa en competencias. A diferencia de otras redes neuronales, las SOM no tienen una función de activación en cada neurona, sino que utilizan una función de distancia para determinar qué neurona es la más similar a un dato de entrada dado.

1.2.5. Metodologías

1.2.5.1. Metodología CRISP-DM

En cuanto a la metodología CRISP-DM como hace referencia Espinos [31] en su investigación, esta se divide en seis fases que permiten la implementación de un algoritmo que pueda dar solución a un problema. En la primera fase se basa en la comprensión del negocio, la segunda fase se pide poder tener un entendimiento de los datos. En la tercera fase se encuentra la preparación de los datos, cuando estos datos estén listos se da la cuarta fase, que es el modelamiento de acuerdo al negocio o problema que se pretende solucionar, luego se dará la quinta fase que es la fase de evaluación aquí se podrán evaluar los resultados. Por último, tenemos la sexta fase, que viene siendo la implantación, esta fase permite crear un plan de mantenimiento y monitorización donde se podrá producir un informe final del proyecto creado. En definitiva, al aplicar esta metodología en el desarrollo de esta investigación se pudo garantizar una implementación más eficiente y exitosa del proyecto ya que permiten un enfoque paso a paso que van asegurando la calidad y efectividad del proceso.

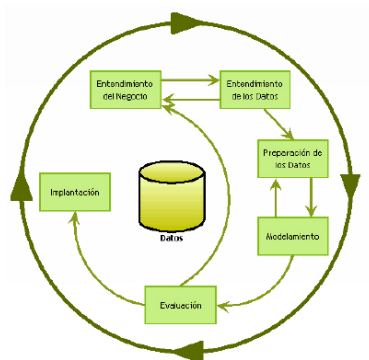


Fig. 2. Secuencia del proceso CRISP-DM. [31].

1.2.5.2. Metodología Ágil de desarrollo SCRUM

Scrum según Tymkiw et al [32] es una de las metodologías que más se está utilizando en cuanto a desarrollo de software, dicha metodología permite el trabajo en equipo los cuales están compuestos por el Product Owner, Scrum Master y el Development Team Members quienes serán los encargados de ver el código en sí. La metodología Scrum permite encontrar mejores resultados en menor tiempo, siendo recomendable en proyectos complejos teniendo una ventaja de adaptabilidad de cambios que puedan surgir durante su elaboración, además cuenta con 4 fases muy importantes: Planificación del sprint, desarrollo del sprint, revisión del sprint y por último la retrospectiva del sprint, mismas que servirán para la entrega de un producto que pueda satisfacer las necesidades y expectativas de los agricultores.



Fig. 3. Metodología SCRUM [32].

1.2.6. Técnicas de pruebas de software

1.2.6.1. Caja Negra y caja blanca

Las pruebas de caja negra y caja blanca, según Morales [33] explica que utilizó las pruebas tanto de caja negra como de caja blanca para la implementación y validación de un software para una empresa consultora de TI, donde las pruebas de caja blanca le permitieron hacer un análisis profundo y exhaustivo del código interno sobre todo validar que las diferentes funciones se ejecuten correctamente, por otro lado, las pruebas de caja negra viene siendo la parte externa, el producto final, en si es lo que evalúa el usuario, esta prueba es la más importante, en ellas se debe de corregir cualquier error en las interfases antes de ser expuestas ante el cliente. De la misma manera fueron utilizados para las pruebas del aplicativo web de dicha investigación quien permitió corregir interfaces que no fueron definidas en las necesidades y el problema que se pretende solucionar.

1.2.7. Lenguajes y librerías

1.2.7.1. Lenguaje Python

Semenovich [34] nos dice que es un lenguaje de programación multiplataforma de código abierto muy sencillo de comprender donde se desarrollan diversas aplicaciones, hoy en día este lenguaje tiene mucha demanda ya que simpatiza con muchas tecnologías tales como la minería de datos, la ciencia de datos, el Big Data. Al ser Python un lenguaje versátil que ofrece grandes ventajas fue necesario su uso para la construcción de un modelo computacional y la aplicación web de detección de plagas y enfermedades en los cultivos de papa justamente por su amplia disponibilidad de bibliotecas, facilidad de prototipado y sobre todo por su capacidad de integración que lo convierten en una opción efectiva en este campo.

1.2.7.2. Librería MiniSOM

La librería MiniSOM según Huarote et al [30], nos dice que es una implementación ligera y eficiente de las redes neuronales de mapas autoorganizados en Python. Es útil para realizar agrupamientos y

visualización de datos en dimensiones reducidas. Su facilidad de uso y capacidad de personalización la hacen una opción popular para tareas de análisis exploratorio de datos y minería de datos no supervisada. Para esta investigación se va a realizar una técnica de modelado basado en la red neuronal SOM, pero para poder utilizarla es necesario instalar la librería MiniSOM que nos va a permitir clasificar las plagas y enfermedades, esto se dio mediante la competencia entre neuronas para que se pueda dar el aprendizaje de las características dadas de las diferentes plagas y enfermedades que presente el cultivo de papa Yungay.

1.2.7.3. Librería Numpy

Moreno [35] en su investigación hace referencia a la librería Numpy, señala que es un paquete de Python, es la librería principal para la informática científica, proporciona potentes estructuras de datos donde se implementan matrices y matrices multidimensionales, estas estructuras de datos garantizan cálculos eficientes. El módulo de Numpy suministra funciones matemáticas de alto nivel para operar en estas matrices. Es por ello, para dicha investigación se consideró esencial para el desarrollo del modelo computacional basado en redes neuronales artificiales debido a que sus funciones y su estructura proporciona datos eficientes, sobre todo para realizar cálculos numéricos lo que facilita el análisis y procesamiento de datos relacionados con plagas y enfermedades, además de ello su biblioteca cuenta con fácil integración permitiendo una amplia capacidad de desarrollo en el campo del aprendizaje automático.

1.2.8. Plataforma

1.2.8.1. Google Colab

Makki [36], nos dice que es una herramienta gratuita de Google que nos permite utilizar una máquina virtual para ejecutar código en Python, mayormente se enfoca en procesamiento de datos, Data Science, entrenamiento de imágenes entre otras. Dicha plataforma permitió el entorno de desarrollo del modelo computacional de la presente investigación ya que proporciona acceso a recursos y almacenamiento de datos en la nube, a su vez también permite la integración a otras bibliotecas,

su entorno de desarrollo es interactivo, por otra parte, estas características hacen que sea una opción conveniente para el desarrollo de aplicaciones basadas en redes neuronales en el campo de la agricultura.

1.2.8.2. Django

Según Semenovich [34], nos dice que Django es un framework desarrollado en lenguaje Python, que permite organizar al desarrollador el código de manera más eficiente, reduciendo de manera significativa el tiempo para el desarrollo web, es un código abierto de manera gratuita. Django es muy versátil porque puedes construir cualquier tipo de web, también es seguro ya que proporciona una forma fiable al administrar las cuentas de usuario y contraseñas, estas y otras ventajas que trae consigo Django ha sido clave para que esta investigación sea desarrollada en dicho framework, ya que también es escalable, mantenible y portátil. Por otro lado, su desarrollo en lenguaje Python hace mucho más sencillo la integración con el modelo computacional que también fue desarrollado en el mismo lenguaje.

Materiales y métodos

Esta investigación es de tipo aplicada, y se utilizó dos metodologías para el desarrollo como es la metodología CRISP-DM y SCRUM, por otro lado, se hizo uso de las redes neuronales artificiales SOM cuyo aprendizaje se dio a través de las imágenes recolectadas que muestren las plagas y enfermedades, se integró el modelo con el sistema que al final se vio plasmado en una aplicación web, esto permitió reconocer la plaga o enfermedad a través de imágenes que se insertaron, así mismo se muestra el tratamiento que debe de seguir para poder combatirla. Por otro lado, las imágenes fueron en total 4 mil que sirvieron para entrenar la red neuronal SOM.

1.3. Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo aplicada, ya que se recurrió al desarrollo de una aplicación web basado en técnicas del Deep Learning para resolver la problemática de plagas y enfermedades que atacan a los cultivos de papa Yungay, esta herramienta tecnología es aplicable y efectiva. Para ello se determinó el sitio donde se llegó a

realizar la investigación, y la factibilidad que dio pase al desarrollo. Por otro lado, se tuvo acceso a 30 sembríos de la zona de donde se recolectaron las imágenes.

1.4. Métodos de investigación

Los métodos de investigación empleados serán los siguientes:

TABLA II
MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Método	Sustento por el cual será empleado en la investigación
Analítico	El analítico que permitió realizar un estudio al problema que presentan los cultivos de papa Yungay en el caserío Angurra.
Deductivo	El método deductivo que ayudo a plantear una propuesta de solución frente a la problemática detectada.
Análisis de literatura de casos	Para desarrollar esta investigación se procedió a la búsqueda de antecedentes que permitieron el desarrollo del proyecto.
Entrevistas	Entrevistas con los agricultores y con el Ingeniero Agrónomo con el propósito de recabar información sobre los cultivos de papa y sobre las plagas y enfermedades para conocer sus características de cada una de ellas.
Observación	Se Observó directamente en el campo de cultivo, donde se pudo identificar patógenos y características de las hojas.
Implementación	Se implementó una aplicación web basado en Deep Learning aplicado al reconocimiento de plagas y enfermedades para mejorar el tratamiento de los cultivos de papa Yungay.

1.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

TABLA III
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnicas	Instrumentos	Elementos de la población	Propósito
Captura de la imagen mediante dispositivo celular	Recopilación de imágenes	30 sembríos de papa Yungay afectados por plagas y enfermedades o cultivo sano	Para entrenar la red neuronal SOM
Entrevista	GUIA DE PREGUNTAS	30 agricultores y un Ingeniero Agrónomo	Recopilar información cualitativa sobre la presencia de plagas y enfermedades, los métodos de detección,

tratamientos utilizados y
otros factores relevantes

(ver anexo N° 02)

1.6. Procedimientos

1.6.1. Metodología de desarrollo

Se ha considerado hacer uso de dos metodologías: La metodología CRISP-DM que será utilizada para la creación del modelo computacional propuesto, a través del procesamiento de imágenes, y la metodología SCRUM que servirá para la construcción de la aplicación web. En la primera se estarán abarcando las seis fases del modelo que comprende: El entendimiento del negocio, entendimiento de los datos, preparación de los datos, modelamiento, evaluación y por último la implantación. En la segunda metodología se estarán abarcando las 5 fases que comprende: Planificación del Sprint, desarrollo del Sprint, Daily Scrum, revisión del Sprint y por último la retrospectiva del Sprint.

1.6.2. Producto acreditable

1.6.2.1. Interfaces

Se realizó el desarrollo de las interfases con las que contará el sistema las cuales se visualizan en la siguiente manera:

1.6.2.1.1. Interfaz de bienvenida:

Esta interfaz mostrará un mensaje de bienvenida con información importante para poder utilizar la aplicación web tal como se muestra en la siguiente imagen.

Bienvenido a PlagaDetect

Una aplicación web basada en Deep Learning para apoyar el reconocimiento y tratamiento de plagas y enfermedades en los cultivos de papa Yungay en la provincia de Cutervo, caserío Angurra.



¡Descubre cómo podemos ayudarte a proteger tus cultivos!

Fig. 4. GUI (Interfaz gráfica de usuario, elaboración propia).

1.6.2.1.2. Interfaz de seleccionar archivo:

En esta interfaz se podrá visualizar un botón que indica seleccionar archivo, seguidamente se hará clic y se seleccionará la imagen donde se tenga almacenada.

Carga una foto de la hoja:

Seleccionar archivo	Ninguno archivo selec.
---------------------	------------------------

Fig. 5. Interface de seleccionar archivo (Elaboración propia).

1.6.2.1.3. Interfaz de realizar evaluación:

Una vez que se haya seleccionado el archivo se procede a dar clic en el botón realizar evaluación, se procede a esperar unos segundos mientras el sistema nos da un resultado.

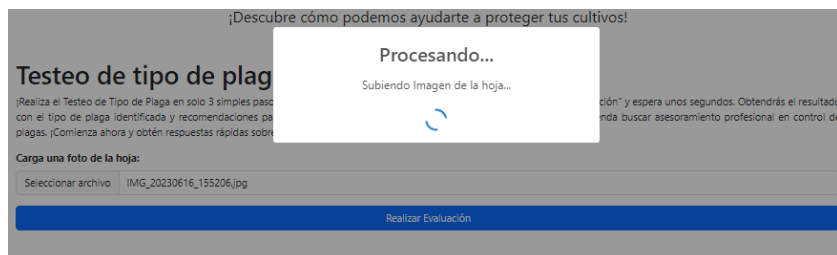


Fig. 6. Interface de Realizar evaluación (Elaboración propia).

1.6.2.1.4. Interfaz de resultados:

En esta interfaz se mostrarán los resultados según la evaluación del sistema a su vez se podrá observar el tratamiento sugerido según la anomalía encontrada, a su vez se sugiere comentarios adicionales.

Resultados encontrados en la identificación de la hoja

Imagen de la hoja Original
Recortada a solo hoja




Imagen que resalta la
afectación por la enfermedad o
plaga



En la identificación de la hoja: Plaga del Gorgojo

Detalle de la anomalía (%): En la hoja se encontró la cantidad comida por el gorgojo de 143 lo que representa el 37.54% de afectación.

Tratamiento sugerido:

- Aplicar 11.26 ml de Fenomeno para una bomba de 20/litros de agua.

Comentarios Adicionales: Para este tipo de plaga se sugiere colocar junto con el producto anterior un vfo estimulante llamado Agrosermin la cantidad de 40 ml para una bomba de 20 litros para recuperar la planta

Fig. 7. Interface de Resultados (Elaboración propia).

1.6.2.1.5. Interfaz de opiniones:

En esta interfaz el usuario seleccionará según considere haya sido su experiencia en la aplicación web.

Regresar sin opinión

Coincido con el resultado

No Coincido con el resultado

Fig. 8. Interface de opiniones (Elaboración propia).

1.6.2.2. Infraestructura tecnológica

La infraestructura tecnología cuenta con los siguientes componentes:

✓ **Laptop.**

- Procesador: Intel Core i3
- Memoria RAM: 8-16 GB
- Sistema Operativo: Windows

✓ **Celular.**

- Sistema Android

✓ **Computadora.**

- Procesador: Intel Core i3
- Memoria RAM: 4-16 GB
- Sistema Operativo: Windows

1.6.3. Manual de usuario

Para mayor entendimiento se elaboró un manual de usuario que contiene los pasos que se debe de seguir para utilizar la aplicación web, esto con la finalidad de facilitar el uso de dicha aplicación, el manual inicia desde la obtención de la hoja donde se resalta indicaciones de cómo debería ser la fotografía de la hoja del cultivo de papa Yungay, así mismo se resalta los pasos que se debería de seguir en la página para obtener un resultado. Dicho manual se muestra en el Anexo 05.

1.7. Matriz de consistencia

TABLA IV
MATRIZ DE CONSISTENCIA

<u>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</u>		<u>MÉTODOLÓGIA DE INVESTIGACIÓN</u>	
¿De qué manera se puede apoyar al reconocimiento y tratamiento de las plagas y enfermedades en los cultivos de papa Yungay en la provincia de Cutervo caserío Angurra?		<u>TIPO DE INVESTIGACIÓN</u>	
		Aplicada	
<u>OBJETIVO GENERAL</u>	<u>MÉTODO</u>	<u>DESCRIPCIÓN</u>	
Desarrollar una aplicación web usando Deep Learning aplicado al reconocimiento de plagas y enfermedades para mejorar el tratamiento de los cultivos de papa Yungay en Cutervo-Angurra	Análítico	Estudio y análisis del problema que presenta los cultivos de papa Yungay del caserío de Angurra.	
	Deductivo	Estrategia para el planteamiento de la propuesta de solución a la problemática detectada.	
	Análisis de literatura de casos	Para desarrollar esta investigación se procedió a la búsqueda de antecedentes que permitieron el desarrollo del proyecto.	
	Entrevistas	Entrevistas con los agricultores y con el ingeniero agrónomo.	
	Observación	Se observo directamente en el campo de cultivo, donde se identificó patógenos y características de las hojas.	
	Implementación	Se implementó una aplicación web basado en Deep Learning aplicado al reconocimiento de plagas y enfermedades para mejor el tratamiento de los cultivos de papa Yungay.	
	<u>TÉCNICAS</u>	<u>INSTRUMENTOS</u>	<u>ELEMENTOS DE LA POBLACIÓN</u>
Captura de imágenes	Recopilación de imágenes	30 sembríos de papa Yungay	Para entrenamiento de la red neuronal SOM Recopilar información cualitativa sobre la presencia de plagas y enfermedades, métodos de detección, etc.
Entrevista	Guía de preguntas	40 agricultores y un Ingeniero Agrónomo	

<u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>	<u>DESCRIPCIÓN DEL LOGRO DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>	<u>INDICADORES</u>
<p>Crear un modelo computacional con base en imágenes aplicando redes neuronales artificiales entrenadas para reconocer plagas y enfermedades en los cultivos de papa Yungay.</p>		
<p>Elaborar la aplicación web que de soporte al procesamiento del modelo computacional formulado para determinar el tratamiento correspondiente.</p>	<p>Modelo computacional creado</p> <p>Aplicación web creada y con soporte con el modelo computacional formulado.</p>	<p>Interacciones de la metodología Crisp-dm</p> <p>Interacciones de la metodología Scrum</p>
<p>Clasificar el repositorio de imágenes con base a la manifestación de los patógenos que identifican plagas y enfermedades, así como de cultivo sano.</p>	<p>Repositorio de imágenes clasificado y creado</p> <p>Validación de la calidad del software mediante caja negra y caja blanca</p>	<p>Numero de imágenes de papa Yungay con plaga, enfermedad y sanas.</p> <p>Porcentaje de Encuesta</p>
<p>Aplicar las técnicas de prueba establecidas que aseguran la calidad de la aplicación web.</p>		

1.8. Consideraciones éticas

Las consideraciones éticas que se han considerado para el desarrollo de esta investigación son:

- ✓ Las entrevistas fueron tratadas de manera anónima.
- ✓ Consentimiento por parte de los agricultores para ingresar a sus cultivos y obtener la hoja.
- ✓ El sistema esta creado específicamente para los agricultores de papa Yungay.
- ✓ En cuanto a seguridad el sistema es 100% confiable, ante las sospechas de que los datos están siendo manipulados o mal utilizados se corregirá cualquier problema que pueda ocurrir.
- ✓ Protección del medio ambiente a través de buenas prácticas de detección de plagas y enfermedades.

Resultados y discusión

1.9. En base a la metodología utilizada

1.9.1. Metodología CRISP-DM

La metodología CRISP-DM Abarca seis fases:

1.9.1.1. Primera fase: Comprensión del negocio

1.9.1.1.1. Objetivo general

Producción de papa Yungay de la mejor calidad con los mejores estándares establecidos, con el soporte tecnológico brindado para el reconocimiento de plagas y enfermedades.

1.9.1.1.2. Objetivos específicos

- Lograr con los insumos adecuados una producción de calidad que genere altos volúmenes de producción, dado el soporte de identificación de plagas y enfermedades.
- Lograr disminuir el porcentaje de la pérdida de producción a causa de la presencia de plagas y enfermedades hasta en un 65%.
- Reducir tiempo de respuesta ante la detección de una plaga y enfermedad de manera manual ante la detección de las mismas con la aplicación web.

1.9.1.1.3. Evaluación de la situación

Según la entrevista realizada a diversos agricultores del caserío de Angurra, (ver anexo 02) se deduce que la papa que más siembran es la papa Yungay, debido a que los compradores prefieren esta variedad de papa, existen otras variedades tales como la papa Amarilis, Chaucha, Canchan y la Única, pero no son muy aceptadas en el mercado cutervino, por ende, los agricultores no siembran mucho esta variedad.

Un tema preocupante para los agricultores es la propagación de plagas y enfermedades que presentan sus cultivos, tales como: La mosca minadora, el gorgojo de los andes y la enfermedad de la ranca. Ante la presencia de las plagas y enfermedades ya mencionadas ellos recurren a una detección de manera tradicional que consiste en revisar hoja por hoja lo cual les lleva mucho tiempo, en la mayoría de las veces fallan en la detección lo que causa una mala administración de los químicos, volviéndolos más resistentes.

1.9.1.1.4. Determinar objetivos de la minería de datos (DM)

- A. Determinar las características específicas en base a las imágenes brindadas al sistema para poder identificar las plagas y enfermedades que estén afectando al cultivo de papa Yungay.
- B. Determinar el procedimiento para el reconocimiento de plagas y enfermedades, considerando al gorgojo de los andes, mosca minadora y la ranca.
- C. Elaborar un modelo computacional basado en redes neuronales artificiales para pronosticar la presencia de plagas o enfermedades.

D. Aplicar el modelo computacional para reconocer bajo características específicas que presenten las hojas que se encuentren afectados por las plagas y enfermedades del gorgojo de los andes, mosca minadora y la rancha de los cultivos de papa Yungay.

1.9.1.1.5. Realizar el plan del proyecto

TABLA V
PLAN DEL PROYECTO

Actividades	Enero 2023			Febrero 2023		
	2	3	4	1	2	3
Fase de ejecución CRISP-DM						
1.-Iteracion #1: Comprensión del negocio						
2.-Iteracion #2: Comprensión de los datos						
3.-Iteracion #3: Preparación de los datos						
4.-Iteración #4: Modelado						
5.-Iteracion #5: Evaluación						
6.-Iteracion #6: Implantación						
Fase de ejecución SCRUM						
1.- Planificación del sprint						
2.- Desarrollo del Sprint						
3.- Daily Scrum						
4.- Revisión del Sprint						
5.- Retrospectiva						
Fase de comunicación						
Análisis e interpretación de los resultados						

Redacción del informe						
Presentación del informe						

1.9.1.2. Segunda fase: Comprensión de los datos

1.9.1.2.1. Recolección de los datos iniciales

Las imágenes fueron recolectadas directamente de los cultivos de papa de 30 sembríos del caserío de Angurra, la recopilación de las 4 mil imágenes tomó un tiempo aproximado de un mes las mismas que servirán para el entrenamiento de la red neuronal SOM.

Se tomaron 1000 imágenes de mosca minadora las cuales presentan puntos blancos en las hojas, 1000 de gorgojo de los andes donde las hojas presentan cortes en media luna, 1000 de rancho donde se observa las hojas de un color oscuro llegando en algunos casos a tomar la apariencia de quemado y 1000 de cultivo sano, en las cuales se hará la selección correspondiente para el entrenamiento.

Se ha realizado una recolección total de los datos las cuales presentan características de acuerdo a las plagas y enfermedades, tales como:

TABLA VI
DESCRIPCIÓN DE LAS IMÁGENES RECOLECTADAS

Imagen	Nombre plagas y enfermedad	Descripción
	Sin plaga	Hoja sana
	Plaga Mosca minadora	Presenta puntos blancos alrededor de la hoja, formando una mina de puntos.
	Plaga Gorgojo de los andes	Cortes en media luna alrededor de la hoja.
	Enfermedad la rancha	Presenta color negro en las hojas tomando aspecto de quemado.

1.9.1.2.2. Descripción de los datos

TABLA VII
DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS

VARIABLES	DESCRIPCIÓN	TIPO DE VARIABLE
Imágenes plagas	Las imágenes con estas variables pueden tener plagas ya sea de gorgojo o de mosca minadora	SECUENCIA BIT
Imágenes enfermedades	Las imágenes con esta variable van a tener enfermedad de la ranca	SECUENCIA BIT
Imágenes sanas	Las imágenes con esta variable no tendrán ningún tipo de plagas ni enfermedad, son plantas sanas.	SECUENCIA BIT

1.9.1.2.3. Exploración de los datos

Se contará con 4 mil imágenes ya antes descritas de las cuales se empezará a determinar la estructura general para los datos.

De las 1500 imágenes de mosca minadora, 2000 de gorgojo de los andes, 1200 de ranca y 1100 de cultivo sano, fueron seleccionadas 1000 debido a que para el entrenamiento de la red neuronal se especificó que se contaría con 1000 imágenes en cada una de las plagas y enfermedades.

Las imágenes que no son nítidas o las tomas son muy lejanas han sido descartadas.

Por otro lado, se definirá una función llamada recambio que servirá para homogenizar las dimensiones de las imágenes, debido a que no todas las fotos van hacer tomadas necesariamente con la misma cámara, por otro lado, no necesariamente van a tener una misma dimensión en la cual se vaya a programar,

la función recambio homogenizará en una sola dimensión las imágenes para poder trabajarlo indistintamente de la dimensión de la cámara.

```
[ ] def recambio(img, h, v):  
    return cv2.resize(img, (h, v), interpolation=cv2.INTER_AREA)
```

Fig. 9. Función de recambio (Elaboración propia).

1.9.1.2.4. Verificación de la calidad de los datos

Los criterios de calidad que se tomaron para la realización del sistema computacional basado en redes neuronales artificiales han sido los siguientes:

- Nitidez, las imágenes se deben de observar de forma clara.
- Las imágenes movidas, distorsionadas, fuera de enfoque no serán tomadas en cuenta.
- Calidad de imagen, esto va a depender mucho de las características con las que cuente el celular o la cámara fotográfica con las que se van a realizar las tomas. Se recomienda una cámara de 16 megapíxeles, que ayudarán a definir la resolución en la imagen.
- Formato, se sugiere un formato JPG para las fotos.
- Se tomará solo la hoja de la papa Yungay, se sugiere tomarla encima de un fondo ya sea blanco, amarillo, donde resalte el color de la hoja.

1.9.1.3. Tercera fase: Preparación de los datos

1.9.1.3.1. Selección de los datos

En cuanto a la selección de los datos se ha ido almacenando en una carpeta jpg en donde se ha etiquetado por plaga y enfermedad, además aquellas sin plaga, para obtener un mejor orden de los datos.

Se ha colocado las etiquetas para cada grupo SP: 0 Sin plaga (sano), PM: 1 Plaga de la mosca minadora, PG: 2 Plaga de gorgojo, ER: 3 Enfermedad de la racha.

```
[ ] SP = 0 # sin plaga
    PM = 1 # Plaga de la mosca
    PG = 2 # Plaga del gorgojo
    ER = 3 # Enfermedad de la Racha
```

Fig. 10. Etiquetas de las plagas y enfermedades (Elaboración propia).

Por otro lado, dichos datos se han ido almacenando en la variable xi que contendrá todas las imágenes.

1.9.1.3.2. Informe de limpieza de datos

En cuanto a la limpieza de datos se ha creado la función solo hoja que me va a permitir acceder solo a la hoja.

Dicha función convertirá la imagen que se encuentra en RGB a tono de grises, así mismo el verde bajo1 que es el mínimo valor de los verdes claros, el verde alto1 que es el máximo valor de los verdes claros, el verde bajo2 que es el mínimo valor de los verdes oscuros y el verde alto2 que es el máximo valor de los verdes oscuros. Es decir, permite acceder a la hoja en todas sus tonalidades de verde.

Luego identificamos las variables de entrada y su proceso: En este caso la única variable de entrada será la imagen que se encuentra en formato RGB, la cual será procesada en tono de grises y en formato HSV.

```

def solohoja(image):
    # image: la imagen en formato RGB
    # proceso: permite recortar solo la hoja para analizarla
    # retorna la imagen donde solo comprende la hoja

    gray = cv2.cvtColor(image,cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    hsv = cv2.cvtColor(image,cv2.COLOR_BGR2HSV)
    verde_bajol = np.array([36, 25, 25])
    verde_altol = np.array([70, 255,255])

```

Fig. 11. Función solohoja (Elaboración propia).

Finalmente identificamos la variable de salida en este caso será la imagen donde solo comprenderá la hoja.

```

return image[yi:yf, xi:xf]

```

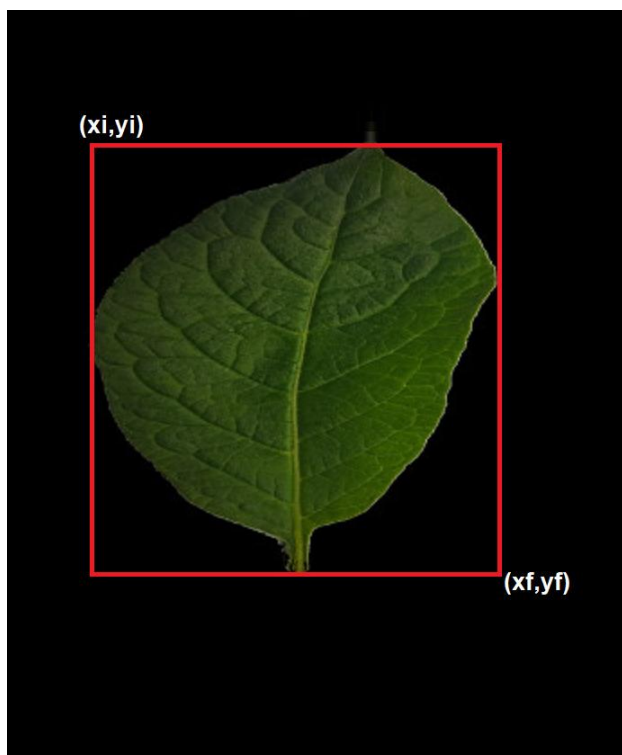


Fig. 12. Imagen de lo que se obtiene con la función solohoja (Elaboración propia).

1.9.1.3.3. Construcción de los datos

En cuanto a la construcción de los datos se ha definido la función del representativo 2 es una función en el cual me permite resaltar las características particulares de una determinada hoja, es decir hacerlo para que pase a un formato que lo lea las redes neuronales porque la hoja por si sola es un jpg.

En este caso la variable de entrada será la imagen donde se podrá acceder a la ruta de la imagen, en cuanto al proceso se realizará la operación de disminuir la matriz de la imagen que va a ser su representativo.

```
def representativo2(img) :
    # img: ingresa la ruta de la imagen
    # proceso: Realiza la operacion de disminuir la matriz de imagen,
    # y que es su representativo
    # retorna la imagen representada en un arreglo
    img=solohoja(cv2.imread(img))
    img = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
```

Fig. 13. Función representativo2 (Elaboración propia).

Finalmente, la variable de salida va a retornar la imagen representada en un arreglo.

```
return np.asarray(EE).reshape(-1)
```

Fig. 14. Variable de retorno (Elaboración propia).

1.9.1.3.4. Integración de los datos

La integración de los datos se está dando mediante el aprendizaje de la Red SOM la cual también va a permitir clasificar los tipos de plagas, enfermedades y el cultivo sano.

Como podemos observar se está declarando un variable `max_iter = 5000` que viene siendo la cantidad de iteraciones que va a realizar la red neuronal SOM para hacer el aprendizaje.

En este caso, la variable de entrada es X_i que representa los datos para el entrenamiento de la red neuronal, que serán entrenadas durante el proceso.

```
[ ] max_iter = 5000 # cantidad de interacciones que va a realizar para hacer el aprendizaje
alpha_max = 0.5 # valor alfa que inicia el factor de aprendizaje
som = MiniSom(x=50, y=50, input_len=324, sigma=1.0, learning_rate=alpha_max, activation_distance='euclidean',
              topology='hexagonal', neighborhood_function='gaussian')
som.random_weights_init(Xi)
som.train_random(data=Xi, num_iteration=max_iter)
```

Fig. 15. Clasificación de los datos (Elaboración propia).

La variable de salida será variable SOM.

1.9.1.3.5. Reformato de los datos

Aquí se define la precisión con la que fue entrenada la red neuronal, en este caso el porcentaje es de 99.42% que representa la precisión del aprendizaje que se acerca al 100% lo cual indica un porcentaje deseado.

En este caso, presenta dos variables de entrada el Yi que va a permitir obtener valores reales y el Y simulado va a permitir obtener los valores simulados, el proceso que se va a encargar de evaluar la precisión.

```
[ ] precision = 0
for i in range(len(Yi)):
    if Yi[i]==Y_simulado[i]:
        precision = precision + 1
precision = precision/float(len(Yi))
```

Fig. 16. Variables de entrada para la obtención de la precisión (Elaboración propia).

Finalmente, la variable de salida es el porcentaje de precisión.

```
print(str(100*precision)+"%")
99.41666666666666%
```

Fig. 17. Porcentaje de precisión (Elaboración propia).

1.9.1.4. Cuarta fase: Modelado

1.9.1.4.1. Selección de la técnica de modelado

La técnica para la realización del modelado se basa en la red neuronal SOM, que nos va a permitir clasificar las plagas y enfermedades, esto se da mediante la competencia entre neuronas para realizar en este caso el aprendizaje mediante características dadas de las diferentes plagas y enfermedades que presente el cultivo de papa Yungay.

Para ello se procederá a instalar minisom que es una librería que nos va a permitir utilizar la red neuronal SOM.

```
!pip install minisom
```

1.9.1.4.2. Generación del plan de prueba

En cuanto a la generación del plan de prueba se ha visto por conveniente designar el 100% de las imágenes las cuales representa un total de 4000 mil imágenes esto se dio para comprobar si lo aprendido es correcto.

La variable de entrada es Xi que representa la entrada de todas las imágenes, de las cuales se obtendrá su representativo

```
Xi = np.zeros([4000,324],np.float32)# dimension de 1
imagenes=os.listdir("jpg")
contador=0
Yi = []
Labels=[]
val=""
for imagen in imagenes:
    if imagen.name.find("_")!=-1:
        Xi[contador,:]=representativo2(imagen.path)
```

Fig. 18. Variable de entrada para el entrenamiento de la red neuronal SOM (Elaboración propia).

La variable de salida es el resultado de lo identificado como tipo de plaga, enfermedad o cultivo sano.

```
print(Yi)
```

Fig. 19. Salida de las variables de entrenamiento de la red neuronal SOM (Elaboración propia).

1.9.1.4.3. Construcción del modelo

Esta fase permitió la construcción de la técnica elegida para poder ejecutarla sobre los datos que han sido seleccionados para el entrenamiento.

Después de haber instalado minisom se procede a importar las librerías que necesitamos para poder trabajar en el proceso y en el entorno del Google Colab entre ellas tenemos:

```
from minisom import MiniSom
import numpy as np
import os
import cv
```

Se procede a colocar las clases para cada grupo ER: 3 Enfermedad de la Racha PG: 2 Plaga de gorgojo PM: 1 Plaga de la mosca minadora SP: 0 Sin plaga (Sano), por otro lado, necesariamente se debe mantener en una dimensión para todo el proceso, para ello se debe de crear una función llamada Recambio para redimensionar las imágenes. En seguida se creará la función solohoja, esta es la función de solo extracción de la hoja, indistinto de la posición de la ubicación de la hoja.

La función representativo2 va a permitir la representación, con el fin de resaltar las características de las hojas, así como reducir el tamaño, para después se obtenga los patrones de la red a través de la entrada Xi que es una variable que contendrá a todas las imágenes.

Por otro lado, se graficará lo aprendido mediante la matriz índice de la red SOM, en esta grafica se podrá visualizar que en base a la variable de la cantidad de neuronas y ver la variación según la cuantización del error, se observa que van desde 20 hasta el valor 50 como límite de dimensión cuadrada para la capa competitiva.

```
rcParams['figure.figsize'] = 50, 50
markersize=20,
```

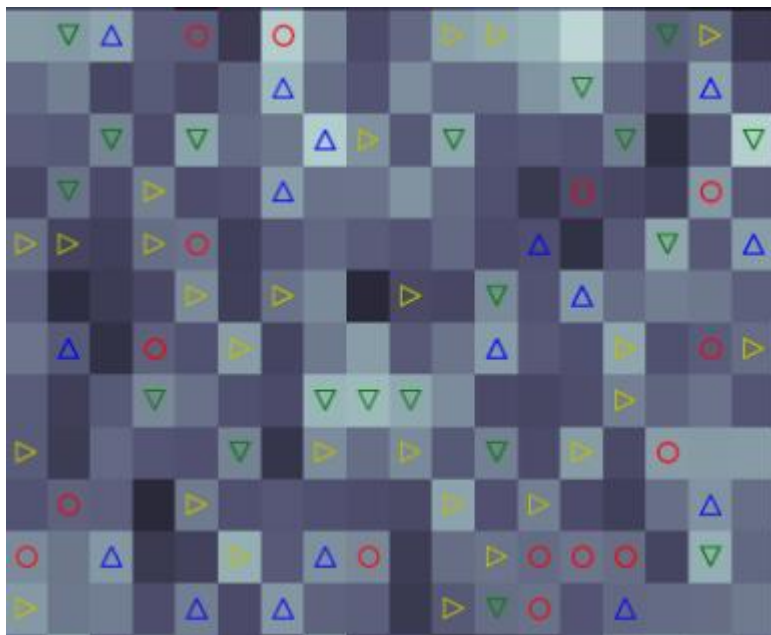


Fig. 20. Matriz índice de la red SOM aplicada a las imágenes (Elaboración propia).

Parte de la construcción del modelo es realizar las pruebas con todas las imágenes que han sido parte del entrenamiento, para luego proceder a verificar la precisión al aplicar la primera estrategia, en este caso la precisión es del 99.42% un valor esperado con alto índice de precisión. Luego de procederá a aplicar la matriz de confusión para verificar de manera formal la precisión, los valores obtenidos en función de las pruebas realizadas, evidenciando para cada clase de plaga, se obtiene una precisión, sensibilidad y especificidad superiores al 99%.

Finalmente se guarda lo aprendido de la red neuronal SOM, para poder ser llevado al aplicativo web.

```
pickle.dump(som, outfile)
```

1.9.1.4.4. Evaluación del modelo

En cuanto a la evaluación del modelo de acuerdo a los objetivos de la minería de datos con una precisión por encima del 90% se puede deducir que es un modelo esperado y aceptable con un valor alto de predecir las plagas y enfermedades que presente el cultivo de papa Yungay. Esto beneficiará de gran manera al agricultor debido a que podrá ofrecer a sus clientes productos de calidad y obtener altos volúmenes en la producción, asimismo, se podrá disminuir hasta un 60% la expansión de las mismas. Por otro lado, la creación del modelo va a permitir reducir el tiempo que normalmente le va a tomar al agricultor la detección de plagas y enfermedades de manera manual que al utilizar el aplicativo web será en cuestión de segundos.

1.9.1.5. Quinta fase: Evaluación

1.9.1.5.1. Evaluación de los resultados DM

En cuanto a la evaluación de los resultados de la minería de datos, desde el punto de vista del negocio es decir la producción de papa Yungay de la mejor calidad con los mejores estándares establecidos, con el soporte tecnológico brindado para el reconocimiento de plagas y enfermedades, el resultado obtenido en cuanto a la precisión donde arrojo un porcentaje aceptable por lo cual desde el punto de vista de la minería de datos son mucho más específicos y precisos, permitirá a través de la aplicación web un resultado favorable para mejorar la producción y otorgar muchos beneficios en el cultivo de papa Yungay a los agricultores del caserío Angurra.

1.9.1.5.2. Revisión del proceso

El proceso hasta este punto se ha ejecutado tal y como estaba previsto, si bien ha habido complicaciones a la hora de realizar el modelo al inicio porque no se contaba con todas las imágenes establecidas y al hacer las pruebas arrojaba una precisión del 100% justamente por la poca cantidad de imágenes, ya luego se adjuntó las imágenes previstas y se entrenó la red neuronal arrojando un porcentaje de 99.42%.

1.9.1.5.3. Decisión

Se procedió a guardar lo entrenado en el archivo SOM para ser trasladados a la aplicación web en donde se mostrará el resultado según la plaga y enfermedad que sea detectada.

1.9.1.6. Sexta fase: Implantación

1.9.1.6.1. Planear la Implantación

Después de haber trabajado en la plataforma del Google Colab donde se logró entrenar la red neural SOM, se procedió a trabajar en Python donde se trasladó parte del código tal como la función solohoja, representativo2, y se definirá otras funciones tales como: mascaraverde donde básicamente accederá a solo la hoja en RGB esta función permite buscar una imagen que tenga el color de acuerdo al color de la hoja y al final va a retornar una máscara donde solo comprende la hoja.

1.9.1.6.2. Planear la Monitorización y Mantenimiento

El uso de la metodología CRISP-DM en este proyecto ha permitido encontrar características y comportamientos de las diferentes plagas y enfermedades que han permitido de esta manera entrenar la red neuronal Som.

1.9.1.6.3. Informe final

Aquí se considera lo aprendido en la red neuronal SOM que fue guardado como archivo para ser utilizado en la Aplicación Web.

```
with open('som.pkl', 'rb') as infile:
    som = pickle.load(infile)
```

Fig. 21. Imagen del archivo donde fue almacenado la red SOM (Elaboración propia).

1.9.1.6.4. Revisión del proyecto

En cuanto a la revisión del proyecto se ha podido observar que mientras más imágenes ingresan para el entrenamiento mayor fue el aprendizaje por ende se sugiere trabajar con mayor cantidad e imágenes.

1.9.2. Metodología SCRUM

La metodología SCRUM Consta de 5 fases:

1.9.2.1. Planificación del Sprint

Dentro de la planificación del Sprint se consideró los requerimientos funcionales y no funcionales detallados a continuación:

1.9.2.1.1. Requerimientos no funcionales

TABLA VIII
REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES

ID	Requerimientos no funcionales	Descripción
RNF01	Usabilidad	-Se contará con campos obligatorios que se tendrían que llenar, de lo contrario no se obtendría un resultado. -Las interfaces del sistema deberá ser de fácil uso para los usuarios.

RNF02	Rendimiento	-Las actividades que se realicen en la página deberán de ser ágiles y en un tiempo no superior a los 8 segundos.
RNF03	Confiabledad	-La página estará disponible 24/7 los 365 días del año.

1.9.2.1.2. Requerimientos funcionales

TABLA IX
REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

ID	Historia de usuarios	Descripción
HU01	Seleccionar archivo	- Como cliente quiero adjuntar fotos en el sistema para poder proceder a generar un diagnóstico.
HU02	Realizar evaluación	-Como cliente quiero proceder a realizar evaluación de las fotos adjuntadas para generar un resultado de posibles plagas y enfermedades.
HU03	Resultado	- Como cliente quiero visualizar el tratamiento para aplicar ante las plagas y enfermedades del cultivo de papa detectadas.
HU04	Registrar opinión	-Como cliente quiero registrar encuesta de satisfacción para validar el servicio brindado por la aplicación.

1.9.2.1.3. Arquitectura

Así mismo dentro de la fase de planificación también se consideró la arquitectura que comprenderá el software tal como se visualiza en la siguiente imagen.

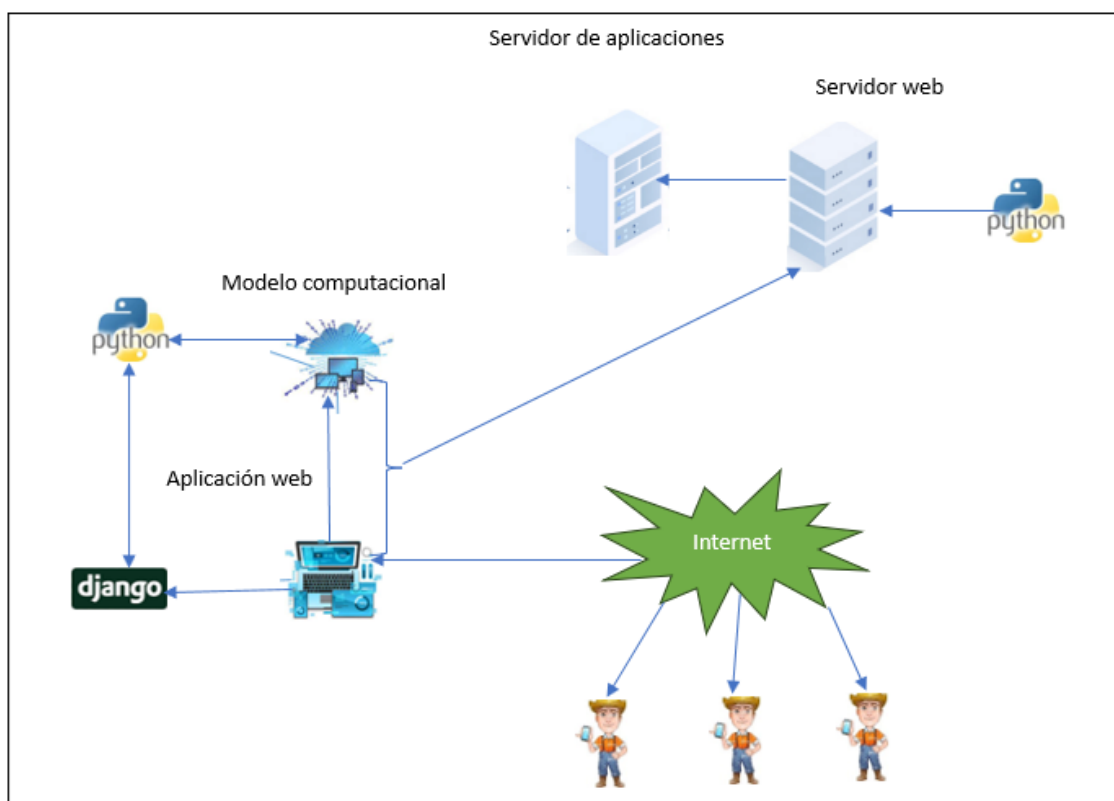


Fig. 22. Diseño de la arquitectura (Elaboración propia).

Se desarrolló el entrenamiento de imágenes en el lenguaje de programación Python, donde se usó la herramienta Google Colab, ya que esta herramienta facilita la ejecución y programación en dicho lenguaje, por otro lado, permitió el trabajo en la nube con una máquina virtual el cual es una gran ventaja, sobre todo si no se cuenta con una computadora con características apropiadas para el desarrollo del modelo computacional. La aplicación web fue desarrollada en Django en lenguaje Python lo cual ha permitido agilizar su desarrollo y garantizar su seguridad.

1.9.2.2. Desarrollo del Sprint con la creación del Sprint Backlog o iteración de tareas

Se define cada uno de los Sprint su historia de usuario y la duración que tuvo para su desarrollo.

TABLA X
CREACIÓN DE LOS SPRINT

Sprint 1	HU	Duración
	Seleccionar archivo	5 semanas
	Realizar Evaluación	
Sprint 2	HU	Duración
	Resultado	1 semana
Sprint 3	HU	Duración
	Registrar opinión	1 semana

1.9.2.3. Revisión retrospectiva del Sprint

En cuanto a la revisión y retrospectiva de los Sprint planificados han sido creados y establecidos en el lapso de tiempo establecidos para cada uno de ellos.

1.9.2.4. Lanzamiento

Aplicación web terminada cumpliendo con las necesidades identificadas en los Sprint y en los objetivos establecidos.

Bienvenido a PlagaDetect

Una aplicación web basada en Deep Learning para apoyar el reconocimiento y tratamiento de plagas y enfermedades en los cultivos de papa Yungay en la provincia de Cutervo, caserío Angurra.



Testeo de tipo de plaga

¡Realiza el Testeo de Tipo de Plaga en solo 3 simples pasos! Selecciona una imagen de la posible plaga, haz clic en "Realizar Evaluación" y espera unos segundos. Obtendrás el resultado con el tipo de plaga identificada y recomendaciones para su manejo. Recuerda que este testeo es una referencia y se recomienda buscar asesoramiento profesional en control de plagas. ¡Comienza ahora y obtén respuestas rápidas sobre tus posibles problemas de plagas!

Carga una foto de la hoja:

Seleccionar archivo Ninguno archivo selec.

Realizar Evaluación

Opiniones se basa en que si la respuesta por parte del sistema coincide con la opinión de los agricultores.

Coinciden opiniones: 96%

96%

No coinciden opiniones: 3%

3%

Fig. 23. Página web (Elaboración propia).

1.10. En base a los objetivos de la investigación

1.10.1. Crear un modelo computacional con base en imágenes aplicando redes neuronales artificiales entrenadas para reconocer plagas y enfermedades en los cultivos de papa Yungay.

El modelo computacional se basó en redes neuronales artificiales SOM la cual fue entrenada con imágenes recolectadas de 30 cultivos de papa Yungay, tanto de plagas y enfermedades, así como cultivo sano, siendo un total de 4 mil imágenes. Dicho modelo fue construido con algoritmos del Deep Learning ya que justamente las redes neuronales artificiales pertenecen a ese campo arrojando una precisión del 99.42%. Así mismo, se utilizó la metodología CRISP-DM para la construcción del modelo.

1.10.2. Elaborar la aplicación web que de soporte al procesamiento del modelo computacional formulado para determinar el tratamiento correspondiente.

Para la creación de aplicación web se utilizó la metodología SCRUM donde se pudo identificar cada uno de los Sprint con sus respectivas tareas que formarían parte para el desarrollo de la misma, en total se definieron 5 Sprint los cuales fueron: Bienvenida, cargar fotos, realizar evaluación, tratamiento y encuesta. Así mismo, se unió el modelo computacional trabajado en lenguaje Python con la aplicación que fue trabajada también en lenguaje Python y los resultados fueron mostrados por la misma.

1.10.3. Clasificar el repositorio de imágenes con base a la manifestación de los patógenos que identifican plagas y enfermedades, así como de cultivo sano.

En cuanto al desarrollo de la presente investigación se tuvo a bien hacer la recolección de fotos de plagas y enfermedades así mismo de cultivo sano, la cual fueron recolectadas mediante las instrucciones del especialista, en este caso el ingeniero Agrónomo quien a través de reuniones brindo un panorama más acertado en cuanto al comportamiento de cada una de las plagas y enfermedades, siendo de gran utilidad para el entrenamiento de la red neuronal SOM. Es por ello que se consideró realizar un repositorio de las mismas donde se definió que cada vez que se utilice el aplicativo web las imágenes que se suban a la prueba van hacer almacenadas en carpetas de acuerdo a su clasificación ya sea plagas o enfermedades. Cada una de las carpetas contendrá imágenes de cuerdo a las pruebas que realice el usuario en la web, tal como se muestra en la siguiente figura.

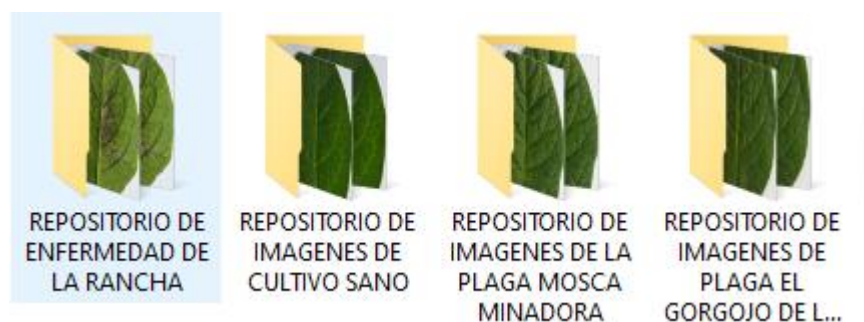


Fig. 24. Repositorio de imágenes (Elaboración propia).

1.10.4. Aplicar las técnicas de prueba establecidas que aseguran la calidad de la aplicación web.

Para desarrollar este objetivo se aplicaron las técnicas de prueba de caja negra y la caja blanca que sirvieron para probar que la aplicación funcioné como se tenía establecido tanto el código en sí, así como por parte de la vista del cliente.

La aplicación pedirá que se seleccione una imagen, caso contrario mostrará un mensaje de error. Para ello se utilizó las pruebas de caja negra para validar que se esté cumpliendo con lo requerido antes de realizar una evaluación. Por otro lado, se procedió a realizar un cuestionario que se practicó al ingeniero Agrónomo, quien es el especialista en evaluación de plagas y enfermedades, con el único propósito de validar la calidad de la aplicación en cuanto a resultados (ver anexo 04).

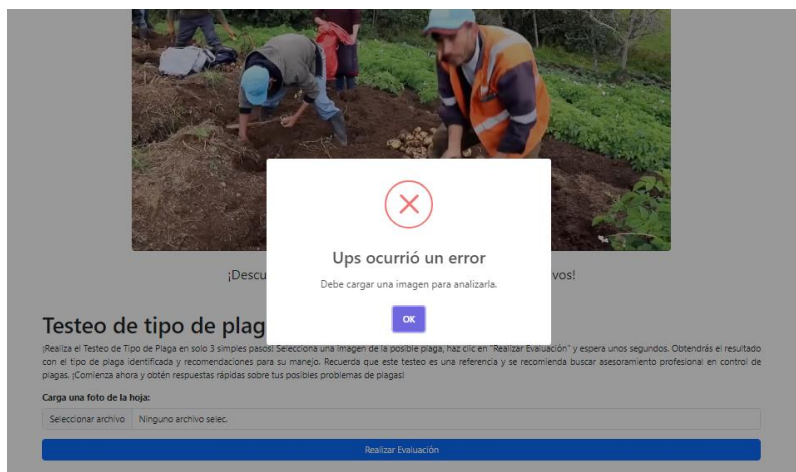


Fig. 25. Imagen de error (Elaboración propia).

1.11. Impactos esperados

1.11.1. Impactos económicos

Como ya lo mencionamos anteriormente las plagas y enfermedades en los cultivos de papa Yungay rentabilizan y ocasionan muchas veces pérdidas totales de la producción, en otras oportunidades gastos innecesarios en pesticidas, plaguicidas, mano de obra, etc. Es por ello que la creación de una aplicación web que pueda ayudar con la detección a tiempo de las

plagas y enfermedades traería consigo grandes impactos económicos para el agricultor ya que mejoraría la calidad de su producto para el mercado y presentaría una reducción en los costos de producción.

1.11.2. Impactos sociales

En este punto es importante resaltar el impacto social que traería consigo la creación de la aplicación web en vista de que los alimentos hoy en día son contaminados por plagas y enfermedades causando innumerables enfermedades a las personas, sobre todo considerando que los agricultores utilizan demasiados químicos para vencerlas, entonces es importante resaltar que con la creación de la aplicación se puede contribuir a alimentos saludables de alta calidad para la sociedad. Por otro lado, se podría fomentar el fortalecimiento de la comunidad a través de reuniones que ellos mismos pueden pactar para ver cómo va sus cultivos con el uso de la aplicación web, incentivar a hacer uso de ella para que no se vean afectados con las plagas de los cultivos vecinos.

1.11.3. Impactos en tecnología

En cuanto al impacto tecnológico cabe resaltar que en la actualidad la mayoría de los agricultores cuentan con dispositivos móviles, incluso algunos de ellos cuentan con tabletas que les han sido obsequiadas por el estado y también hacer mención que el internet si llega hasta el caserío lo cual facilita que los agricultores puedan hacer uso de la aplicación en cualquier lugar.

1.11.4. Impactos ambientales

Uno de los impactos ambientales sería la reducción del uso indiscriminado de pesticidas, que ayudarían a mejorar la calidad de los suelos, el agua y el medio ambiente en general, por otro lado, al hacer una detección temprana de plagas y enfermedades en los cultivos de papa Yungay se estaría protegiendo la genética de las plantas y así poder mantener los ecosistemas agrícolas saludables.

1.11.5. Impactos en la formación de cadenas productivas

Al mejorar la calidad del cultivo esto mejoraría de gran manera el producto final, esta calidad ayudará tanto al consumidor como a las empresas que adquieren este producto, a tener más confianza al momento de comprar, por ende, la reputación del agricultor de la zona será mucho más creíble al momento de ofrecer su producto, generando de esta manera cadenas productivas mucho más eficientes e incentivando a otros agricultores de otros lugares a seguir las practicas que ellos siguen.

Entrando en la discusión después de haber obtenido los resultados podemos señalar que lo más importante para el desarrollo de esta investigación fue el entrenamiento de la red neuronal SOM en base a imágenes que fueron recolectadas y clasificadas de acuerdo a las características que presentaban las hojas, este filtro se dio con ayuda de un Ingeniero Agrónomo especialista en temas de plagas y enfermedades en cultivos de papa Yungay, no fue difícil acceder a las 4 mil imágenes porque el caserío de Angurra es una zona papera por lo que tienen sembríos todo el año.

Para crear el modelo computacional se hizo uso de la red neuronal SOM la cual fue entrenada con 4 mil imágenes de hoja de papa Yungay lo cual arrojó una precisión del 99.42% lo que lo hace un modelo confiable al igual que Hadipour et al [17] en su investigación usó visión artificial y red neuronal artificial profunda donde obtuvo una precisión de 99.34% en la detección de plagas de productos agrícolas siendo mínimo la diferencia con la presente investigación. Así también Zhang et al [18] en su investigación de tuvo un 94.6% de certeza implicando una diferencia de menor de 4.82% de precisión frente a la presente investigación. También según la investigación de Zhao et al [20] aplicando una red neuronal deformable obtuvo una precisión de 93.2%, por tanto hay una diferencia menor de 6.21%.

En cuanto a la creación de la aplicación web se hizo uso de la metodología SCRUM que ha servido para la implementación de la misma, lo cual fue programada en lenguaje Python utilizando como herramienta de desarrollo a Django, logrando obtener una interfaz de interacción con el modelo computacional de manera esperada al igual que Ramon [24] donde implementó una aplicación web para detectar tumores de mama, dicha aplicación fue desarrollada con la metodología RUP en lenguaje PHP asimismo utilizó la Api Rest para unir ambos lenguajes y para que exista una comunicación fluida entre los mismos.

En cuanto al repositorio de imágenes se consideró para que sirvan más adelante para otras investigaciones que se puedan presentar en torno a la papa Yungay y sirva de estudio para mejorar las plagas y enfermedades.

Por último en cuanto a las técnicas de pruebas se optó por la caja negra y la caja blanca lo cual ha sido utilizado por muchos autores tal es el caso de Ramon [24] quien utilizó la caja negra para validar los registros de los usuarios, registros de los pacientes y también para registrar las mamografías de los pacientes, la caja blanca lo utilizó para el inicio de sesión. Al igual que Ferrer [23] hizo uso de ellas en la creación de su aplicación

móvil para validar de igual manera el registro del usuario y la caja blanca para resultado final frente al usuario.

Conclusiones

Con el desarrollo del modelo computacional se logró un 99.42% de precisión, que demuestran la efectividad del aprendizaje profundo mediante la aplicación de la red SOM, evidenciado un nivel alto de exactitud en la clasificación y detección de plagas y enfermedades, así como de cultivo sano en las hojas de papa Yungay, por ende, mejorando la detección temprana y reduciendo pérdidas. La metodología que se utilizó fue CRISP-DM quien con sus 6 fases ayudó a crear un modelo confiable.

Se logró elaborar una aplicación web donde su desarrollo se dio con la herramienta Django con lenguaje de programación Python y desarrollado con la metodología SCRUM además de ello se llegó a integrar con el modelo computacional desarrollado con la metodología CRISP-DM.

Se creó un repositorio con 4 mil imágenes que contiene la plaga de gorgojo de los andes, plaga de la mosca minadora, la enfermedad de la ranca, así como de cultivo sano, esta identificación se realiza al usar la aplicación web, según la evaluación son clasificadas de acuerdo a los resultados.

Por último, se probó la aplicación web en base a técnicas basadas en la caja negra y la caja blanca, las cuales fueron fundamentales para validar el funcionamiento correcto del software, en el caso de las técnicas de caja negra permitió validar el 100% de los requerimientos funcionales definidos, lo que indica un alto porcentaje de conformidad con las especificaciones, uno de los indicadores que se tuvo en cuenta fue la tasa de éxito en los casos de prueba y estas fueron plasmadas mediante un cuestionario al ingeniero agrónomo, que es el experto en cuanto a resultados de la aplicación. Por otro lado, en las técnicas de caja blanca se alcanzó un 100 % de cobertura del código lo cual indica que no hay errores en la lógica interna del código fuente, por lo tanto, asegura el correcto funcionamiento del software.

Recomendaciones

Se recomienda entrenar el modelo con mayor cantidad de plagas y enfermedades. Por otro lado, abarcar más tipos de papa para ampliar la investigación.

Se recomienda en la aplicación web crear un módulo de trazabilidad de las plagas y enfermedades para que el agricultor pueda llevar un control de las mismas.

Se recomienda utilizar drones para la toma de las fotografías.

Referencias

- [1] A. Bakhsh, K. Jabran, N. Nazik, y M. E. Çalışkan, «Chapter 25 - Conclusions and future prospective in potato production», en *Potato Production Worldwide*, M. E. Çalışkan, A. Bakhsh, y K. Jabran, Eds., Academic Press, 2023, pp. 457-470. doi: 10.1016/B978-0-12-822925-5.00004-9.
- [2] R. J. Hijmans y D. M. Spooner, «Geographic distribution of wild potato species», *Am. J. Bot.*, vol. 88, n.º 11, pp. 2101-2112, nov. 2001, doi: 10.2307/3558435.
- [3] «Duplicar la producción mundial de papa en 10 años es posible», *Newsroom*. <https://www.fao.org/newsroom/detail/doubling-global-potato-production-in-10-years-is-possible/es> (accedido 30 de mayo de 2023).
- [4] Y. L. Trujillo-Meza *et al.*, «Fuentes orgánicas y producción de papa en la región andina», *Rev. Mex. Cienc. Agríc.*, vol. 13, n.º 4, pp. 735-740, jun. 2022, doi: 10.29312/remexca.v13i4.3000.
- [5] R. Alvaro Huayhuacuri y M. G. Cárdenas Alarcón, «Uso de agroquímicos en la producción de papa y su impacto en el suelo, en el Perú: Revisión Sistemática», *Repos. Inst. - UCV*, 2020, Accedido: 14 de mayo de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/61365>
- [6] «SENASA: ‘Zebra chip’, plaga de la papa, no está presente en el Perú». <https://www.gob.pe/institucion/senasa/noticias/573303-senasa-zebra-chip-plaga-de-la-papa-no-esta-presente-en-el-peru> (accedido 4 de junio de 2023).
- [7] F. C. de P. de P.-F. N. de F. de la Papa, «El cultivo de la papa : factores que influyen en la productividad», 2022, Accedido: 4 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://fedepapa.cloudbiteca.com//handle/123456789/52>
- [8] M. A. Camacho Moreno, Y. Cardoso Rios, y D. C. Poloche Sánchez, «Plan de negocio para la producción y consumo de papa congelada en Colombia», Thesis, Negocios Internacionales, 2021. Accedido: 4 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://alejandria.poligran.edu.co/handle/10823/2915>
- [9] «Producción de papa este año cerraría alrededor de los 5.4 millones de toneladas sumando más de S/ 3,240 millones». <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/494292-produccion-de-papa-este-ano-cerraria-alrededor-de-los-5-4-millones-de-toneladas-sumando-mas-de-s-3-240-millones> (accedido 4 de junio de 2023).

- [10] admin, «PLAGAS Y ENFERMEDADES DE LA PAPA», *International Potato Center*, 10 de diciembre de 2015. <https://cipotato.org/es/lapapa/plagas-y-enfermedades-de-la-papa/> (accedido 4 de junio de 2023).
- [11] M. O. y A. Devaux, «Desafíos y oportunidades para el sector papa en la zona andina en el contexto de la COVID-19», *Rev. Latinoam. Papa*, vol. 25, n.º 1, Art. n.º 1, sep. 2021, doi: 10.37066/ralap.v25i1.422.
- [12] H. A. Cabrera Hoyos, M. A. Gastelo Benavides, R. Otiniano Villanueva, M. Á. Pacheco del Castillo, y A. Janampa, «Variedades de Papa Resiliente al Cambio Climático, para la Seguridad Alimentaria del Perú», en *PREMIO NACIONAL INIA – CARAL 2020*, Instituto Nacional de Innovación Agraria, 2020. Accedido: 5 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1250>
- [13] ECOFERTILIZING, «El gorgojo de los Andes *Premnotrypes* sp.», *Ecofertilizing*, 16 de agosto de 2021. <https://ecofertilizing.pe/el-gorgojo-de-los-andes/> (accedido 1 de junio de 2023).
- [14] T. Zheng, X. Yang, J. Lv, M. Li, S. Wang, y W. Li, «An efficient mobile model for insect image classification in the field pest management», *Eng. Sci. Technol. Int. J.*, vol. 39, p. 101335, mar. 2023, doi: 10.1016/j.jestch.2023.101335.
- [15] E. Mwenda, E. N. Muange, M. W. Ngigi, y A. Kosgei, «Impact of ICT-based pest information services on tomato pest management practices in the Central Highlands of Kenya», *Sustain. Technol. Entrep.*, vol. 2, n.º 2, p. 100036, may 2023, doi: 10.1016/j.stae.2022.100036.
- [16] F. Qi, G. Chen, J. Liu, y Z. Tang, «End-to-end pest detection on an improved deformable DETR with multihead criss cross attention», *Ecol. Inform.*, vol. 72, p. 101902, dic. 2022, doi: 10.1016/j.ecoinf.2022.101902.
- [17] R. Hadipour-Rokni, E. A. Asli-Ardeh, A. Jahanbakhshi, I. E. paeen-Afrakoti, y S. Sabzi, «Intelligent detection of citrus fruit pests using machine vision system and convolutional neural network through transfer learning technique», *Comput. Biol. Med.*, vol. 155, 2023, doi: 10.1016/j.combiomed.2023.106611.
- [18] Y. Zhang, B. Ma, Y. Hu, C. Li, y Y. Li, «Accurate cotton diseases and pests detection in complex background based on an improved YOLOX model», *Comput. Electron. Agric.*, vol. 203, p. 107484, dic. 2022, doi: 10.1016/j.compag.2022.107484.
- [19] I. R. Vargas Saravia, «Aplicación web para la identificación y monitoreo de plagas (complejo gorgojo y complejo polillas) en el cultivo de la papa, en tiempo real, en el altiplano

- central del departamento de La Paz», Thesis, 2021. Accedido: 15 de mayo de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/27970>
- [20] N. Zhao, L. Zhou, T. Huang, M. F. Taha, Y. He, y Z. Qiu, «Development of an automatic pest monitoring system using a deep learning model of DPeNet», *Measurement*, vol. 203, p. 111970, nov. 2022, doi: 10.1016/j.measurement.2022.111970.
- [21] J. L. Galan Zapata, «Sistema inteligente de reconocimiento de imágenes para apoyar el diagnóstico de plagas y enfermedades en el cultivo de arroz en el departamento de Lambayeque en el año 2019», 2021, Accedido: 14 de mayo de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/3216>
- [22] E. B. Villaseñor, M. P. Castañeda, y J. R. C. Parodi, «Redes neuronales artificiales para la detección de plagas en cultivo de jitomate bajo invernadero», *Coloq. Investig. Multidiscip.*, vol. 7, n.º 1, pp. 1990-1999, oct. 2019, doi: 10.5281/zenodo.4426972.
- [23] C. Ferrer Martínez, «Sistema de monitorización y detección de plagas en cultivos aplicando algoritmos de Deep Learning», may 2021, Accedido: 14 de mayo de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/handle/10609/132028>
- [24] J. C. Ramon Cueva, «Sistema inteligente para apoyar al análisis mamográfico en la detección de tumores de mama femenino entre las edades de 40 a 60 años en el hospital “Las Mercedes” de Chiclayo», 2021, Accedido: 14 de mayo de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/4067>
- [25] C. A. Vallejos Fonseca, «Software para identificar y localizar diversas variedades de plantas de quinua en el distrito de Querocoto - Cajamarca», 2019, Accedido: 5 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/2152>
- [26] J. A. Urteaga Montoya y J. M. Medina Cercado, «Impacto de la aplicación móvil “Healthy Plant” para detectar enfermedades foliares en cultivos de aguaymanto haciendo uso de inteligencia artificial con Custom Vision en la ciudad de Cajamarca 2021», *Repos. Inst. - UPN*, jul. 2021, Accedido: 5 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3004368>
- [27] M. K. Huaynate Ponce y E. Corimanya Fernandez, «Implementación de acciones en el manejo integrado de plagas de cultivos priorizados en el distrito de Carhuamayo – Junin 2017», *Univ. Nac. Daniel Alcides Carrión*, nov. 2019, Accedido: 14 de mayo de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2128>
- [28] J. F. Avila-Tomás, M. A. Mayer-Pujadas, y V. J. Quesada-Varela, «[Artificial intelligence and its applications in medicine I: introductory background to AI and robotics]», *Aten. Primaria*, vol. 52, n.º 10, pp. 778-784, dic. 2020, doi: 10.1016/j.aprim.2020.04.013.

- [29] D. Cedeno-Moreno, M. Vargas-Lombardo, y N. Navarro, «Enfoque de deep learning y machine learning aplicado a la clasificación automática de opiniones en Twitter en la pandemia de la Covid-19 en Panamá», *Rev. Ibérica Sist. E Tecnol. Informação*, n.º E45, pp. 200-211, 2021.
- [30] R. E. Huarote Zegarra *et al.*, «Estrategia para la detección de tipos de enfermedades oculares usando red neuronal SOM», jul. 2022, doi: 10.18687/LACCEI2022.1.1.578.
- [31] J. J. Espinosa-Zúñiga, «Aplicación de metodología CRISP-DM para segmentación geográfica de una base de datos pública», *Ing. Investig. Tecnol.*, vol. 21, n.º 1, mar. 2020, doi: 10.22201/fi.25940732e.2020.21n1.008.
- [32] N. Tymkiw, J. M. Bournissen, y M. C. Tumino, «SCRUM como Herramienta Metodológica para el Aprendizaje de la Programación», *Rev. Iberoam. Tecnol. En Educ. Educ. En Tecnol.*, n.º 26, pp. 81-89, sep. 2020.
- [33] W. L. Morales Yovera, «Impacto de la automatización de pruebas en la eficiencia de pruebas de software en una consultora de TI, Lima 2022», *Repos. Inst. - UCV*, 2022, Accedido: 12 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/97610>
- [34] M. S. Prokopyev, E. Z. Vlasova, T. V. Tretyakova, M. A. Sorochinsky, y R. A. Solovyeva, «Development of a Programming Course for Students of a Teacher Training Higher Education Institution Using the Programming Language Python», *Propos. Represent.*, vol. 8, n.º 3, pp. 1-12, 2020, doi: <https://doi.org/10.20511/pyr2020.v8n3.484>.
- [35] S. Moreno Fernández, «Herramienta de Reconocimiento de Imágenes en Python», 2020, Accedido: 5 de julio de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://idus.us.es/handle/11441/102090>
- [36] Y. M. Mohialden, M. T. Younis, y N. M. Hussien, «A Novel Approach to Arabic Chabot, Utilizing Google Colab and the Internet of Things: A Case Study at a Computer Center», *Webology*, vol. 18, n.º 2, pp. 946-954, 2021, doi: <https://doi.org/10.14704/WEB/V18I2/WEB18365>.

Anexos

Anexo N° 01. Constancia de aprobación del producto acreditable de la entidad donde se ejecutó la tesis

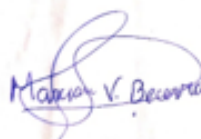
“Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo”

Angurra, 10 de junio 2023

CONSTANCIA DE APROBACIÓN DEL PRODUCTO REALIZADA POR EL REPRESENTANTE DEL CASERIO ANGURRA

Estimado agricultor **MARCIANO VASQUEZ BECERRA**, usted como representante del caserío Angurra ha sido seleccionado para evaluar la Aplicación web que ha sido desarrollada por la estudiante **ELIS DINA CABRERA HERRERA** identificada con **DNI 46326027**, de la facultad de Ingeniería de sistemas y computación. Recuerde que su evaluación es de gran relevancia para la estudiante, deberá de marcar según su criterio.

PREGUNTA	NO	SI		
¿Ha utilizado el aplicativo web?		X		
PREGUNTA	COMPLICADA	FACIL		
¿Qué tan entendible es la funcionalidad de la Aplicación web?		X		
PREGUNTAS	MALO	REGULAR	BUENO	EXCELENTE
¿Como considera que es la evaluación del aplicativo web en el diagnostico de plagas y enfermedades?				X
¿Como fue su experiencia durante el uso de la Aplicación Web?				X
PREGUNTAS	NO	SI		
¿La aplicación cumple con sus expectativas?		X		
¿Recomendaria la Aplicación?		X		



NOMBRE: Marciano Vásquez Becerra

DNI:27245388



Asociación de profesionales y técnicos - Cutervo **APROTEC**
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

Cutervo 13 de junio 2023

CONSTANCIA DE APROBACION DEL PRODUCTO ACREDITABLE

Por intermedio de la presente yo ASOCIACION DE PROFESIONALES Y TECNICOS DE CUTERVO CON RUC 20453724302 De la Provincia y Distrito de Cutervo, Departamento de Cajamarca, certifican y dan por aprobada el producto acreditable sobre una aplicación web para detectar plagas y enfermedades en los cultivos de papa Yungay, dicha investigación ha sido realizada por la estudiante **ELIS DINA CABRERA HERRERA** identificada con DNI 46326027, de la escuela de INGENIERIA DE SISTEMAS Y COMPUTACION, quien ha cumplido con todos los objetivos propuestos y los requisitos establecidos.

Se extiende la presente constancia a petición del interesado para los fines que crea conveniente.

Atentamente:

ASOCIACION DE PROFESIONALES Y TECNICOS DE CUTERVO APROTEC
PRESIDENTE
Elis Dina Cabrera
PRESIDENTE
DNI. N° 2746272



**ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES AGROPECUARIOS
"MISHA"**

Jr. América N° 1075-Cutervo

Celular 970920708

Inscrita en el Registro de Productor de Semillas con el N° 062-2013-

INIA

E-mail: semillasmisha@gmail.com

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

CONSTANCIA DE APROBACION DEL PRODUCTO ACREDITABLE

El presidente de la Asociación de productores Agropecuarios "MISHA" del centro poblado Misha, Distrito y Provincia de Cutervo, Región Cajamarca.

CERTIFICA

Por intermedio de la presente **LA ASOCIACION DE PRODUCTORES AGROPECUARIOS MISHA CON RUC 20570579127** dedicado a la producción de semillas, certifican y dan por aprobada el producto acreditable sobre una aplicación web para detectar plagas y enfermedades en los cultivos de papa Yungay, dicha investigación ha sido realizada por la estudiante **CABRERA HERRERA ELIS DINA** identificada con **DNI 46326027**, de la escuela de **INGENIERIA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**, quien ha cumplido con todos los objetivos propuestos y los requisitos establecidos.

Se extiende la presente constancia a petición del interesado para los fines que crea conveniente.

Atentamente:

Cutervo 13 de junio del 2023

“Año de la Unidad, la paz y el Desarrollo”

Lima 13 de junio 2023

CONSTANCIA DE APROBACION DEL PRODUCTO ACREDITABLE

Por intermedio de la presente yo **HUAROTE ZEGARRA RAUL**, identificado con **DNI 32983830** Ingeniero Informático de profesión con N° de **CIP 08505** certifico y doy por aprobada el producto acreditable que lleva por título: “Aplicación web usando Deep Learning aplicado al reconocimiento de plagas y enfermedades para mejorar el tratamiento de los cultivos de papa Yungay en Cutervo-Angurra”, dicha investigación ha sido realizada por la estudiante **ELIS DINA CABRERA HERRERA** identificada con **DNI 46326027**, de la escuela de **INGENIERIA DE SISTEMAS Y COMPUTACION**, quien ha cumplido con todos los objetivos propuestos y los requisitos establecidos.

Se extiende la presente constancia a petición del interesado para los fines que crea conveniente.

Atentamente:



Huarote Zegarra Raúl

CIP: 085055

CURRÍCULUM VITAE

Datos Personales

Nombres : Raúl Eduardo.
Apellidos : Huarote Zegarra.
Lugar de Residencia : Lima
Dirección : Tacna 240 – Piso 726- Cercado Lir
CIP. : 085055 (habilitado)
Correo electrónico : raulhuarote@yahoo.es
Celular : (+51) 950409475



OrcidID: <https://orcid.org/0000-0001-7466-7404>

Scopus Author ID: 57211325901

Web of Science ResearcherID: D-1306-2017

Concytec

Soy una persona con iniciativa propia, con 15 años de experiencia docente y 10 años de experiencia profesional, docente investigador CONCYTEC Nivel VII , especializado en análisis y desarrollo software en diferentes áreas de la Inteligencia Artificial, publicaciones como autor principal en revistas indizadas WOS, Scopus, Journals, Latindex, etc. Revisor de artículo para LACCEI 2022, 2020, ICACIT 2022, Dyna, MINEDU, etc.

I GRADOS Y TÍTULOS	2019- Actualidad. Doctorando en Ingeniería de Sistemas. (Grado en trámite). UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL. 2020 Diplomado en Metodología de la Investigación. UNIVERSIDAD DE CELAYA, MÉXICO 2010 – 2014 Maestro en Ciencias de la Computación UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO 2004 – 2005 Ingeniero Informático UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO 1998 – 2004 Bachiller en Ciencias de la Computación UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO																															
II EXPERIENCIA PROFESIONAL	Jefe de Sistemas en el área de TI - "Jefe de sistemas en el área de TI" En La Empresa GAVAL SOLUCIONES. (01/ 2010 -01/ 2020) - "Jefe de sistemas en el área de TI" En La Empresa CHING SOLUTIONS. (01/2018 – 12/2018) - "Jefe de sistemas en el área de TI" En La Empresa BUSINESSOFT. (01/2015- 12/2018)																															
III EXPERIENCIA DOCENTE UNIVERSITARIA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">UNIVERSIDAD</th> <th style="text-align: left;">CATEGORÍA</th> <th style="text-align: left;">FECHA INICIO</th> <th style="text-align: left;">FECHA FIN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur</td> <td>Ordinario-Asociado</td> <td>Febrero-2020</td> <td>Actualidad</td> </tr> <tr> <td>Universidad Nacional de Ingeniería</td> <td>Docente DC-B2-20h</td> <td>Agosto-2021</td> <td>Actualidad</td> </tr> <tr> <td>Universidad Privada del Norte - Lima</td> <td>Docente contratado Tiempo Parcial</td> <td>Marzo-2020</td> <td>Julio-2022</td> </tr> <tr> <td>Universidad Cesar Vallejo</td> <td>Docente contratado Tiempo completo</td> <td>Febrero del 2008</td> <td>Enero del 2020</td> </tr> <tr> <td>Universidad Nacional Federico Villarreal</td> <td>Docente contratado DCB1</td> <td>Abril 2018</td> <td>Febrero 2020</td> </tr> <tr> <td>Universidad Privada San Pedro – Chimbote</td> <td>Docente contratado Tiempo Parcial</td> <td>Abril 2014</td> <td>Diciembre 2015</td> </tr> </tbody> </table>				UNIVERSIDAD	CATEGORÍA	FECHA INICIO	FECHA FIN	Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur	Ordinario-Asociado	Febrero-2020	Actualidad	Universidad Nacional de Ingeniería	Docente DC-B2-20h	Agosto-2021	Actualidad	Universidad Privada del Norte - Lima	Docente contratado Tiempo Parcial	Marzo-2020	Julio-2022	Universidad Cesar Vallejo	Docente contratado Tiempo completo	Febrero del 2008	Enero del 2020	Universidad Nacional Federico Villarreal	Docente contratado DCB1	Abril 2018	Febrero 2020	Universidad Privada San Pedro – Chimbote	Docente contratado Tiempo Parcial	Abril 2014	Diciembre 2015
UNIVERSIDAD	CATEGORÍA	FECHA INICIO	FECHA FIN																													
Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur	Ordinario-Asociado	Febrero-2020	Actualidad																													
Universidad Nacional de Ingeniería	Docente DC-B2-20h	Agosto-2021	Actualidad																													
Universidad Privada del Norte - Lima	Docente contratado Tiempo Parcial	Marzo-2020	Julio-2022																													
Universidad Cesar Vallejo	Docente contratado Tiempo completo	Febrero del 2008	Enero del 2020																													
Universidad Nacional Federico Villarreal	Docente contratado DCB1	Abril 2018	Febrero 2020																													
Universidad Privada San Pedro – Chimbote	Docente contratado Tiempo Parcial	Abril 2014	Diciembre 2015																													

Anexo N° 02. Instrumentos de recolección de datos

Entrevista realizada a los agricultores del Caserío Angurra de la Provincia y Distrito de Cutervo Departamento de Cajamarca.

Entrevistado: Marciano Vásquez Becerra

Cargo: Representante del caserío Angurra

Fecha: 15 de agosto 2022

01. ¿Qué actividades se realiza para la siembra del cultivo de papa?

En primer lugar se realiza la preparación de la tierra, en nuestro caso lo hacemos de manera tradicional de cuerdo a nuestras costumbres, es decir aramos la tierra hasta tener el terreno adecuado para la siembra, después de ello viene el surcado donde a cada surco se le proporciona el abono de guano de ganado y la urea, que son los fertilizantes que se usa para la siembra, después de ello se coloca la semilla ya germinada en los surcos y se procede a tapar con abundante tierra pasado un mes la planta va a germinar hacia afuera, luego de ese tiempo se fumiga la planta con los fertilizantes necesarios para su desarrollo, en caso se detecte la presencia de plagas se aplica funguicidas cada 8 días dependiendo del clima para combatirlos, al poco tiempo se realiza el deshierbe que consiste en retirar toda hierba que rodee el cultivo para de este modo permitirle su crecimiento regular, luego se realiza la aporca que consiste en proporcionar más tierra al cultivo, mientras más crece el cultivo necesita de más tierra y por último se realiza la cosecha.

02. ¿Cuáles son las variedades de papa que más se cultivan en su Zona?

En nuestro caserío la Yungay es la que mas se siembra, porque es la mas aceptada en el mercado cutervino, cuando los comerciantes compran buscan solo esta variedad por eso es que se siembra más. Para el consumo si sembramos otras variedades, pero en menor cantidad tal es el caso de la papa Chaucha, Chanchan y Perichola.

03. ¿Cuántas hectáreas de papa cultivan aproximadamente?

Aproximadamente en todo el caserío se estarán cultivando cerca **de 2 mil hectáreas**

04. ¿Cuántas veces al año siembran la papa?

La papa tiene su periodo de cosecha que es a los seis meses por lo tanto se siembra solo dos veces al año, se denomina dos campañas por año.

05. ¿Cuántas toneladas de papa cultivan por campaña aproximadamente?

Aproximadamente se estarán cultivando cerca de 40, 000 mil toneladas por campaña, pero este va a depender de la campaña mayor de papa o de la campaña menor de papa de acuerdo al mes que se encuentre.

06. ¿Se pretende seguir aumentando el cultivo de papa?

Si esperamos que ahora con los programas de ayuda que esta brindando ministerio de agricultura con el bono de abono los agricultores puedan sembrar más papa.

07. ¿Cuál cree que es el motivo del porque este año no ha habido mucho cultivo de papa en comparación con otros años?

Considero que los altos costos de los insumos agrícolas fueron un factor importante para que disminuya la producción de papa por otro lado, las plagas y enfermedades que atacan al cultivo.

08. En cuanto a las plagas y enfermedades ¿Cuáles son las plagas y enfermedades que más atacan los cultivos de papa?

Eso va a depender de la temporada, mayormente en lluvias se presenta el gorgojo de los andes y la enfermedad de la ranca, en temporada de verano mayormente se presenta la mosca minadora.

09. ¿Cómo realiza la detección de plagas y enfermedades en su cultivo de papa?

Lo hacemos de manera tradicional usando la observación arrancamos las hojas y lo vamos analizando de acuerdo a nuestra experiencia, pero en muchas oportunidades no acertamos.

10. ¿Qué le ocasiona a usted como agricultor la presencia de plagas y enfermedades en su cultivo de papa?

Las plagas y enfermedades nos van a ocasionar perdidas en la producción, mayor mano de obra y más gasto en los pesticidas, insecticidas, hormonas de crecimiento, etc.

11. ¿Qué productos utiliza para combatir las plagas y enfermedades en su cultivo de papa?

Mayormente pesticidas y funguicidas para poder eliminarlas.

12. ¿Qué sucede si falla en su detección?

La plaga o enfermedad avanza y se vuelve más resistente.

13. ¿Con que herramientas tecnológicas cuenta (Smartphones, Laptop, Tablet)?

En mi caso tengo un teléfono celular y una Tablet que es de mi hijo.

14. ¿Considera usted que la creación de una aplicación web que detecte plagas y enfermedades en sus cultivos de papa sea de gran utilidad?

Si, ya que sería más acertada y ocuparía menos tiempo.

Anexo N° 03. Entrevista realizada al ingeniero agrónomo

Entrevista realizada al Ingeniero Agrónomo.

Entrevistado: Melanio Chilcón Cubas

Cargo: presidente de la Asociación de Productores Agropecuarios de Misha.

Fecha: 30 de julio del 2022

1. ¿Cuáles son los patógenos o características presenta el gorgojo de los andes?

Mayormente esta plaga se prolifera en época de lluvias, esta plaga sale de noche y come las hojas en forma de media luna, se alimenta del mesófilo de las plantas llegando a debilitarlas, si está en una etapa de reproducción y logran ingresar por el tallo al fruto van a depositar sus larvas en el fruto picando el tubérculo.

2. ¿Cuáles son los patógenos o características presenta la mosca minadora?

Referente a esta plaga mayormente se da en épocas de verano las moscas dejan manchas o puntos de color blanco en las hojas si no se controla no van a permitir el crecimiento de la planta porque al igual que el gorgojo se alimentan del mesófilo llegando a debilitar la planta haciendo que pierda su capacidad de reproducción.

3. ¿Cuáles son los patógenos o características presenta la enfermedad de la rancha?

En cuanto a la rancha se presenta en mayor número de proliferación en lluvias y su expansión se da en pocos días, causa que las hojas tomen un color a quemado húmedo u opaco en las hojas, cuando llega avanzar también mancha el tallo, es importante su detección y tratamiento a tiempo porque de todas es la que más avanza llegando en muchas oportunidades a perjudicar el total de la producción.

4. ¿Con que funguicida se combate el gorgojo de los andes? ¿Cuánto se recomienda?

Existen muchos, pero en mi experiencia utilizo mayormente productos de Bayer denominado Fenómeno son los que más resultados óptimos me han dado hasta el momento, aunque se recomienda en cada campaña cambiar de producto. Es recomendable 2ml para una mochila de fumigación de 20lts, dependiendo del avance, pero como prevención está bien solo 2ml.

5. ¿Con que funguicida se combate la mosca minadora? ¿Cuánto se recomienda?

En este caso utilizo el Precisión Health que es uno de los productos más utilizados para combatir esta plaga ya que la mosca es muy difícil de erradicar. Recomiendo utilizar 3ml para una mochila de fumigación de 20lts, siempre se debe de ser precisos con la cantidad porque si no puede generar resistencia al producto.

6. ¿Con que funguicida se combate la enfermedad de la rancha? ¿Cuánto se recomienda?

Para la ranca recomiendo utilizar el Veraz es más efectivo para manejar esta enfermedad. En este caso utilizar 2ml para una mochila de fumigación de 20lts.

7. ¿Considera importante la creación de una aplicación web para la detección de plagas y enfermedades en los cultivos de papa Yungay?

Si por supuesto, ya que esto ayudaría a hacerlo en menor tiempo posible por otro lado sería mucho más confiable al momento de hacer una detección ya que de forma tradicional fallamos en la detección y aplicamos productos que no corresponden dañando significativamente al cultivo. Considero que sería de gran apoyo tanto para el agricultor como para los profesionales dedicados a este campo.

Anexo N° 04. Cuestionario con respecto al uso de la aplicación web realizado al especialista

Cuestionario realizado al Ingeniero Agrónomo

ENTREVISTADO: Melanio Chilcón Cubas

CARGO: Presidente de la Asociación de productores Agropecuarios de Misha

FECHA: 10 de junio 2023

Estimado,

Melanio Chilcón Cubas presidente de la Asociación de productores Agropecuarios de Misha, sírvase llenar el siguiente cuestionario para evaluar la calidad de la aplicación web respecto a los resultados arrojados por la misma. Dicha información será de gran relevancia para la alumna CABRERA HERRERA ELIS DINA en el desarrollo de su investigación.

1. ¿Ha utilizado el aplicativo web?
 - Sí
 - No
2. De acuerdo a su conocimiento en el campo de detección de plagas y enfermedades ¿Que tan acertado es el resultado que ofrece la aplicación web?
 - Malo
 - Bueno
 - Excelente
3. ¿Considera útil el desarrollo de esta aplicación web para la detección de plagas y enfermedades en los cultivos de papa Yungay?
 - Sí
 - No
 - Tal vez
4. ¿El tratamiento que brinda la aplicación es el adecuado para cada plaga y enfermedad?
 - Sí
 - No
 - Tal vez
5. ¿Cómo considera el tiempo de respuesta de la aplicación al brindar un resultado?
 - Lento
 - Normal
 - Rápido
6. ¿Recomendaría el uso de esta aplicación web para la detección de plagas y enfermedades en los cultivos de papa Yungay?
 - Sí
 - No
 - Tal vez




 Melanio Chilcón Cubas
 PRESIDENTE

Anexo N° 05. Manual de usuario

Paso 1: Se sugiere tomar la foto solo de la hoja de la papa Yungay encima de algún fondo que no sea del color de la hoja. (Blanco, negro, amarillo, entre otros). Con un celular de 16 megapíxeles con buena resolución.

Paso 2: Al ingresar a la página se van a mostrar algunas indicaciones como se muestra en la siguiente imagen.

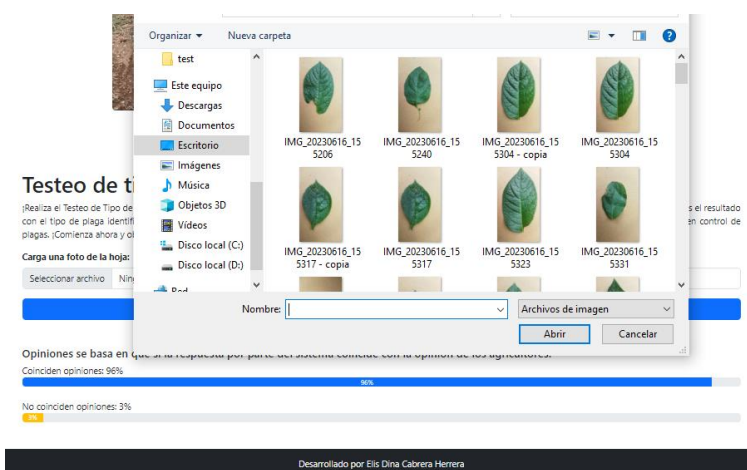
Bienvenido a PlagaDetect

Una aplicación web basada en Deep Learning para apoyar el reconocimiento y tratamiento de plagas y enfermedades en los cultivos de papa Yungay en la provincia de Cutervo, caserío Angurra.

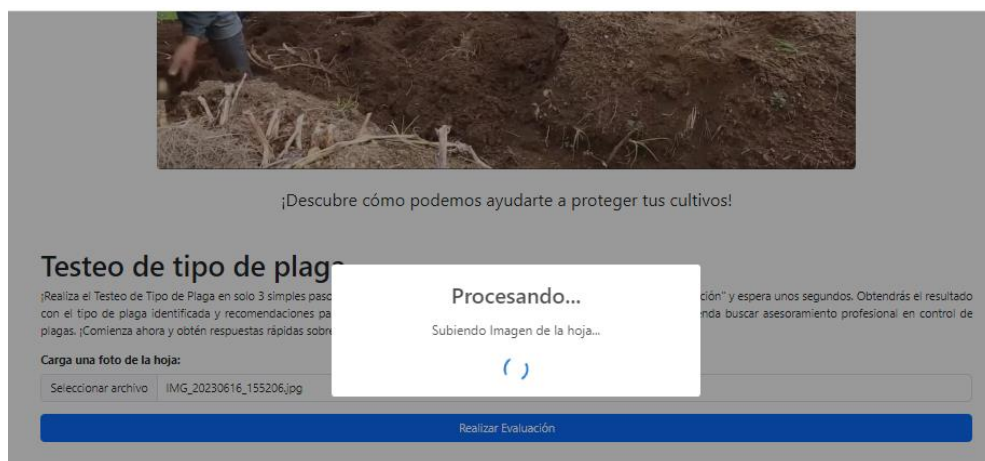


¡Descubre cómo podemos ayudarte a proteger tus cultivos!

Paso 3: Se muestra un botón que dice seleccionar imagen, se busca donde ha sido almacenada la imagen que se desee evaluar.



Paso 4: Luego se hará clic en el botón realizar evaluación y se esperará unos segundos para que la imagen sea evaluada. Aparecerá un mensaje que la imagen subida está siendo procesada.



Paso 5: Después de haber realizado el paso 4 aparecerá una ventana en donde muestre el tipo de plaga o enfermedad que identifico con su respectivo tratamiento y comentarios adicionales.

Resultados encontrados en la identificación de la hoja



En la identificación de la hoja:	Plaga del Gorgojo
Detalle de la anomalía (%):	En la hoja se encontró la cantidad comida por el gorgojo de 143 lo que representa el 37.54% de afectación.
Tratamiento sugerido:	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar 3.75 c/litro de medicina1pg • Aplicar 11.26 gotas/litro de medicina2pg • Aplicar 18.77 gotas/litro de medicina3pg
Comentarios Adicionales:	Aquí se ponemos el comentario textual dependiendo de la plaga del gorgojo

Paso 6: Este ultimo paso consiste en seleccionar tu experiencia de usuario con la página web, el usuario no está obligado a responder.

Regresar sin opinión

Coincidió con el resultado

No Coincidió con el resultado