

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



**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**

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

AUTOR

JEFFERSON LUIS GALAN ZAPATA

ASESOR

ERNESTO LUDWIN NICHU CORDOVA

<https://orcid.org/0000-0001-8975-6274>

Chiclayo, 2021

**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**

PRESENTADA POR
JEFFERSON LUIS GALAN ZAPATA

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

Maria Ysabel Arangurí Garcia
PRESIDENTE

Jury Yesenia Aquino Trujillo
SECRETARIO

Ernesto Ludwin Nicho Cordova
VOCAL

Dedicatoria

Para mi papá Pablito, mi Gollita, mi hermano Luis y mi madre que es principal motor para seguir y luchar en esta vida, gracias a ti mamá soy lo que soy, sabes lo mucho que nos costó llegar hasta aquí, por ti, se dio un paso más en mi carrera.

Agradecimientos

A Dios, a cada miembro de mi familia, a mis amigos por todo su apoyo siempre y a mi asesor, el Ing. Ernesto Ludwin Nicho Córdova, gracias por su profesionalismo.

Índice

Resumen	5
Abstract	6
Introducción.....	7
Revisión de literatura.....	9
Materiales y métodos	12
Resultados y discusión	13
Conclusiones	22
Recomendaciones	23
Referencias.....	24
Anexos	27

Resumen

El cultivo de arroz en Lambayeque es uno de los más importantes de la región. Pero como toda producción en la agricultura existen plagas y enfermedades que afectan directamente al producto final que muchas veces son muy tardías su detección, siendo impreciso su control del campo. Debido a esto se realiza una investigación aplicada ya que se desarrolla un sistema inteligente de aplicación móvil apoyado de un modelo de reconocimiento de imágenes basado en redes neuronales, con la intención de brindar un reconocimiento preciso del patógeno encontrado en el cultivo, permitiendo comprobar la hipótesis ya que el software cumple con la intención de apoyar a un diagnóstico más específico de plagas y enfermedades mediante gráficos con porcentajes del campo evaluado. Para el desarrollo del software se hizo uso de las metodologías CommonKads y RUP, haciendo las pruebas de calidad para su uso. Concluyendo la creación de un modelo de reconocimiento junto con el aplicativo, además de probar su funcionalidad mediante validación de expertos en el área de agricultura para el cumplimiento de los objetivos. Como resultados finales, tenemos que esta investigación presenta un paso más de como la inteligencia artificial puede entrar ayudar al ámbito de la agricultura, apoyando a evitar pérdidas económicas y distribución de un alimento tan consumido como es el arroz.

Palabras clave: cultivo de arroz, sistema inteligente, modelo de reconocimiento, redes neuronales, inteligencia artificial.

Abstract

Rice cultivation in Lambayeque is one of the most important in the region. But like all production in agriculture, there are pests and diseases that directly affect the final product, which are often inadequate and late to detect, and their field control is imprecise. Due to this, an applied research is carried out since an intelligent mobile application system is developed supported by an image recognition model based on neural networks, with the intention of providing an accurate recognition of the pathogen found in the culture, detecting the hypothesis already that the software complies with the intention of supporting a more specific diagnosis of pests and diseases by means of graphs with percentages of the evaluated field. For the development of the software, the CommonKads and RUP methodologies were used, making the quality tests for their use, in addition to testing the functionality through validation by experts in the area of agriculture and correct percentages of image recognition. This research presents one more step of how artificial intelligence can enter to help the field of agriculture, supporting to avoid economic losses and distribution of a food as consumed as rice.

Keywords: rice cultivation, intelligent system, recognition model, neural networks, artificial intelligence.

Introducción

Cultivar arroz en todo el mundo se ha convertido en una práctica de mucha demanda, pero también tiene problemas en países debido a muchos factores, [1] nos dicen que Ecuador es uno de los países con más crecimiento en el consumo de arroz, su producción gira alrededor de 300 mil hectáreas que siembran este alimento, aquí, se dispone de buenas condiciones climáticas que favorecen al cultivo de arroz. Pero, actualmente la producción se ha visto perjudicada por problemas de malezas, plagas y enfermedades, tomando como el principal problema el control de malezas, no se realiza un manejo profundo y cuando es tardío el costo de producción se ve perjudicada. Entre otras enfermedades que perjudican el arroz tenemos: La quemazón o pircularia, la hoja blanca y el manchado del grano.

Todo esto, tal como expresa [2], en el país de Colombia también se está dando, primero en las enfermedades que no se detectan antes de que estas se propaguen, el agricultor o personas que recién están ingresando a este rubro por ser de gran demanda, no saben reconocer las enfermedades que puedan tener en el cultivo. Así también se da por las lluvias, porque antes de que el campo se rellene de agua y se tornen temperaturas nocturnas bajas, no se prevé que enfermedades existen en el campo y evitar la propagación de estas mismas. Este, es un país con gran demanda de arroz, pero por efectos climáticos, no se puede detectar enfermedades a tiempo. En total afectando un promedio de 28.000 productores, que se ven perjudicados económicamente.

En el Perú, [3] describe que en el departamento de Lambayeque el arroz se toma como un cultivo de alto valor económico, cuya superficie cosechada anualmente supera las 350 mil hectáreas. Es un alimento básico en la canasta familiar y constituye el sustento principal de miles de pequeños agricultores. Al igual que otros vegetales, el arroz también se encuentra expuesto a ser atacado por plagas y enfermedades cuya presencia suelen identificarse en un período lluvioso.

Así, [4] redacta que la ciudad de Chongoyape, ciudad donde el arroz es un producto con más cosecha, y de mucho consumo, como la mayoría del Perú sufren de pérdidas de cosechas por culpa de enfermedades y plagas. Entonces se llega a la conclusión que uno de los principales problemas es la inadecuada y tardía detección de enfermedades y plagas del cultivo de arroz, esto se da, ya que para una persona que sea un agrónomo, persona que conoce el cultivo o para personas externas, se hace un trabajo muy amplio que demanda de mucho tiempo, buscar planta por planta, por metros o hectáreas, en busca de enfermedades, que algunas veces son minuciosas, enfermedades que recién empiezan afectar el cultivo y que a veces a la vista es muy complicado detectar, son difícil de combatir. Igualmente, se hace un deficiente tratamiento de plagas y enfermedades, no se realiza un tratamiento adecuado, pequeñas partes de hectáreas que no son vista pueden afectar a más de la mitad del cultivo, trayendo las ganancias o la producción en conclusión baja.

Finalmente, el agricultor realiza una búsqueda que demanda mucho tiempo, el diagnóstico no se realiza con estadísticas que permitan comparar el proceso del cultivo, como también la equivocada elección de productos que alivien las enfermedades de los cultivos de arroz. Un agrónomo o una persona del cultivo, puede tener el conocimiento que aplicar al ganado cuando se detectan enfermedades, pero existen persona que ingresan a este campo, por la gran producción que tiene el arroz, entonces al no saber bien las enfermedades, tampoco sabe o está informado de que medicinas aplicar, y cómo va el rendimiento en su cultivo. Se incluye a gran

parte de personas que ya tienen bastante experiencia en el cultivo de arroz pero que aun así no pueden llevar una detección correcta y tener un control de su cultivo a tiempo. Frente a esta situación se generó la hipótesis siguiente: la implementación de un sistema inteligente de reconocimiento de imágenes permitirá apoyar el diagnóstico de plagas y enfermedades en el cultivo de arroz en el departamento de Lambayeque, para llevar a cabo una respuesta, en el presente documento se realizó una investigación de tipo aplicada, implementado una aplicación móvil cumpliendo con los objetivos establecidos, como objetivo general tenemos implementar un sistema inteligente de reconocimiento de imágenes para apoyar el diagnóstico de plagas y enfermedades en el cultivo de arroz en el departamento de Lambayeque y como específicos se plantean primero, reconocer las características de las plagas y enfermedades del cultivo de arroz, para identificar que patógenos se van a evaluar y que cualidades brindan, como segundo objetivo se planteó determinar un modelo de reconocimiento de imágenes para detectar plagas y enfermedades del cultivo de arroz, esto ha sido realizado mediante redes neuronales convolucionales, como tercer y cuarto objetivo se desarrolló una aplicación apoyado de un modelo de reconocimiento de imágenes y probar la función del sistema inteligente en un campo de cultivo afectado para evidenciar el reconocimiento de plagas y enfermedades. Las metodologías utilizadas en esta investigación son CommonKads y RUP.

Revisión de literatura

Para el desarrollo a profundidad de esta investigación se realiza una búsqueda de información para la solución. Primero se detallan algunos trabajos previos que ayudan a ampliar el conocimiento de lo propuesto. Ríos [5] interpreta que la problemática en su investigación se da en la región de San Martín, donde el cultivo de arroz es afectado por plagas y enfermedades, nos dice que su detección muchas veces no se llega a detectar a tiempo afectando tanto el arroz como a la economía de familias que siembran este cultivo. Entonces, el autor vio conveniente utilizar la metodología de Sistemas Expertos de John Dukin, que consta de cuatro fases para su desarrollo, determinando así, la implementación de un sistema experto para la detección de plagas y enfermedades, el cual ayuda a los agricultores dedicados a este cultivo, a mejorar la detección en sus inicios, además incluye como valor agregado, el uso de redes neuronales para la toma de decisiones tempranas a la detección de este cultivo, determinando que el uso de redes neuronales para un sistema experto mejora los niveles de detección en cualquier ámbito que se plantee. La razón de elección de esta investigación es que el autor hace un cultivo de arroz, parte que se va abordará en esta investigación. Por otro lado, Barrantes y Vigo [6] describen la problemática se da en el cultivo de arroz, donde las plagas afectan fuertemente este sector y no existe un sistema de diagnóstico de plagas a consecuencia de síntomas observados en este cultivo, para esto se realizó un estudio analítico de manejo de plagas, determinando como solución un sistema experto que ayude al agricultor al manejo de plagas a tiempo. Los autores brindan como valor agregado una solución que ayude al crecimiento oportuno del cultivo de arroz, ayudando también a las pérdidas económicas que la aparición de plagas genera. Concluyendo así, que el diagnóstico realizado en el cultivo es de un 80% de asertividad y se apoya a la detección de plagas en su etapa más crítica. Se consideró esta tesis, ya que los tesisistas evalúan la detección de plagas a través de un sistema móvil.

Ahora, para entender el procesamiento del cultivo de arroz, [7] brinda que, en el cultivo de arroz, se pueden definir dos sistemas de siembra: directa y por trasplante. Primero está la siembra directa, que consiste en colocar las semillas directamente al suelo para su producción, seguidamente, cuando es por trasplante, el arroz es desarrollado en zonas pequeñas denominadas almácigos o semilleros, que luego son trasplantados a un campo definitivo para su crecimiento, esta última siembra es la más practicada en el Perú, y por consiguiente la que se toma como punto principal para esta investigación. Seguidamente, para definir las plagas y enfermedades en un cultivo, que son factores importantes que afectan la producción de arroz, generando grandes pérdidas de cosecha y economía, tener un control y una detección a tiempo es importante para evitar estas pérdidas significativas, para esto [3] explica que la Sogata es un insecto, una plaga causante de dos daños: transmitir el virus de la enfermedad de hoja blanca y ocasionar muertes de plántulas de arroz, aquí, el investigador se centra en esta plaga ya que se considera que es una de las más importantes que se debe manejar para llevar un cultivo sano. Por el lado las enfermedades, primero está el virus de la hoja blanca, entre sus síntomas tenemos varias rayas cloróticas, que puede afectar hasta 10 generaciones, y por otro lado, está la mancha carmelita que puede atacar desde las plántulas hasta plantas adultas y se caracteriza por tener manchas circulares de color oscuro que muchas veces cubre toda la planta, estas dos enfermedades son manejadas en el sistema propuesto considerándose las enfermedades más representativas, ya que afectan gravemente el arroz. Para llevar un control de estos patógenos, Senasa [8] brinda un programa de incentivos que contiene una guía para el manejo de plagas de cultivos, establece un modelo para la evaluación, tomando 10 puntos de una parcela en forma de zic zac y dentro de cada punto 10 unidades más para la muestra, esto se observa en la Fig.1, esta guía se toma en cuenta para el cumplimiento de puntos en el sistema propuesto para el control de plagas y enfermedades, aquí, se dan respuestas de incidencia y severidad con sus

respectivos grados de acuerdo a la enfermedad o plaga encontrada y para ello [9] establece medicinas de acuerdo al patógeno diagnosticado.

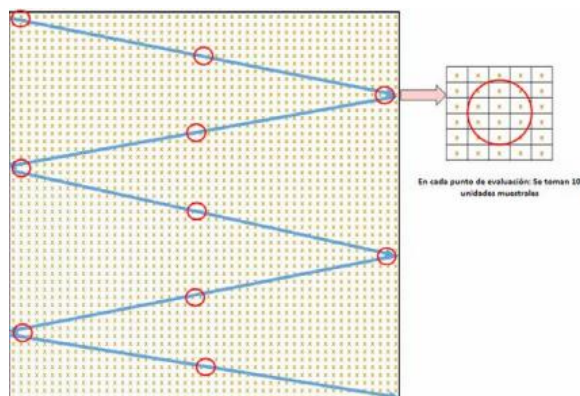


Fig. 1. Modelo de recorrido del campo – Evaluación de plagas de distribución uniforme [8]

Por otro lado, entrando al tema de inteligencia artificial, que tiene relación con la creación de sistemas inteligentes que aporten a la vida humana, como es el diagnóstico de enfermedades, es en este campo de la inteligencia donde también encontramos el Deep Learning o aprendizaje profundo, [10] aporta, que este aprendizaje que refiere a realizar una actividad automática de obtención de conocimiento, usando máquinas que hacen uso de varios niveles para lograr la extracción de datos, además, indica que al nombrar el termino profundo, no se aplica al conocimiento obtenido, si no a la forma en que el conocimiento se va adquiriendo, nombrando las redes neuronales convolucionales que están especializadas para trabajar con imágenes, [11] dice también que aparte del análisis de datos, estas redes se concentran en procesamiento y reconocimiento de imágenes, estas aprenden y pueden llegar a reconocer cosas específicas a base de imágenes.

Tomando en cuenta la base inteligente, existen modelos de reconocimiento de imágenes, [12] explica, para que se lleve a cabo una configuración y evaluación de un modelo de Deep Learning se realiza una división de datos en tres conjuntos: datos de entrenamiento denominados training, datos de validación llamados validación y por último datos de prueba nombrado test, primero se toman los datos de entrenamiento para que el algoritmo de aprendizaje logre los parámetros del modelo, si en un determinado momento el modelo no logra adaptarse a los datos de entrada se modifican los valores y se vuelve a realizar el entrenamiento hasta probarlo con datos de validación. En su página [13] nos brinda un modelo secuencial de guía para desarrolladores que contiene pasos para el desarrollo de un modelo trabajado en base a imágenes, para el desarrollo de estos modelos existen librerías importantes que ayudan a implementar un modelo secuencial, entre ellas tenemos la librería Keras que es una biblioteca para el uso de redes neuronales y capaz de ejecutarse con otras librerías como son TensorFlow o Theano, [14] detalla principales características de Keras, especificando que soporta esquemas de conectividad arbitrarios eso quiere decir que incluye entrenamiento multi-entrada con multi-salida y que corre en CPU o GPU y también que soporta trabajar con redes recurrentes, está librería está especialmente diseñada para posibilitar la experimentación en menos tiempo en cuanto a redes de Aprendizaje Profundo.

En cuanto a herramientas para la implementación de un sistema inteligente, se hace uso del software Anaconda, que es un administrador de entornos de distribución libre para uno de los lenguajes que está creciendo en los últimos años como es el lenguaje Python, Anaconda es utilizada para la ciencia de datos y aprendizaje automático o Deep Learning, incluyendo

procesamiento de amplios volúmenes de información, todo esto lo cumple haciendo uso de Spyder, que es un entorno de código abierto que contiene funciones para realizar pruebas de depuración e introspección en un entorno informático numérico, en esta investigación, estas herramientas ayudan a implementar el modelo secuencial de acuerdo a las plagas y enfermedades.

Para el desarrollo móvil se hace uso de Android Studio y PostgreSQL, el primero es un programa para las plataformas del sistema operativo Android, que ayuda a crear aplicaciones móviles en lenguaje Java, y el segundo es un gestor de base de datos de fuente gratuito que utiliza un modelo cliente/servidor para procesar los datos. Estas dos herramientas permiten un manejo de sistema muy cómodo a través de una web services.

Materiales y métodos

Para esta investigación se ejecutó un tipo de investigación aplicada ya que se realizó un aplicativo apoyado de un modelo basado en redes neuronales y reconocimiento de imágenes y un nivel de investigación preexperimental con un diseño de Pre – Test, Post – Test formado por un solo grupo. También, para recolectar la información, primero se determinó el lugar para la extracción de plagas y enfermedades además de determinar la factibilidad del desarrollo, determinando una muestra de 20 campos, tomando como población un total de 4,000 campos que cultivan arroz en el departamento de Lambayeque. Entre las técnicas aplicadas para recolectar información se utilizó la observación a los cultivos para extraer las enfermedades y plagas a través de fichas de información y fotos que es uno de los puntos más importantes ya que permitió tener imágenes para el procesamiento en el modelo de redes neuronales. Como parte de importante también se aplicó encuestas a agricultores a través de hoja de apuntes y ficha de encuesta para recolectar información suficiente del cultivo.

Como parte de los procedimientos se utilizaron las metodologías CommonKADS y la metodología RUP para el desarrollo del software, estas metodologías abarcan todo el ciclo de la creación del software y está incluida en los sistema de gestión de conocimiento, se implementaron las siguientes iteraciones: iteración 1, que contiene el nivel de contexto donde se analiza la organización y se dividió en tres modelos, el primero modelo de organización, donde se identificó las áreas problemáticas de la organización, se estudió y se estableció la factibilidad de soluciones a los problemas encontrados, se propuso un listado de posibles soluciones y se realizó un análisis preliminar de requerimientos – modelo de negocio (RUP), el segundo modelo es de tareas donde se describió las tareas y procesos que se desarrollaron en el sistema y un modelado de análisis (RUP), como tercer modelo de agentes que identificó los agentes que realizaron las tareas; la iteración 2, pertenece al nivel de concepto que comprendió entender la organización y fue dividida en dos modelos, el primero de conocimiento donde se explicó las estructuras de conocimiento que se usaron para generar o realizar una tarea y el segundo modelo de comunicación que determino la relación entre los diferentes agentes involucrados en cada proceso; como iteración 3 se utilizo el nivel de implementación junto con el modelo de diseño que contuvo los procedimientos que se llevaron a cabo para el desarrollo de conocimiento del sistema y se incluyó tres partes del modelo de diseño RUP, diseño de interfaces, diseño de arquitectura e infraestructura tecnológica y por último la iteración 4 llamada implementación y pruebas (RUP) aplicado a diagramas de componentes, pruebas unitarias y de integración.

Resultados y discusión

Ahora, enfocándose en los resultados, las metodologías utilizadas en este estudio fueron la metodología CommonKads y RUP, la primera tiene niveles que permiten la realización del sistema en cuanto a la parte inteligente y se apoya de la metodología RUP para realizar la parte de negocio, análisis y diseño del sistema brindado, los niveles de CommonKads se describen y se implementan a continuación:

1. Nivel de contexto (Analizar la organización)

En este primer nivel se realiza la identificación de problemáticas de la organización, que en este caso es la región Lambayeque, un lugar determinado que permitió recolectar información y determinar la problemática que se tiene en este cultivo a la hora de reconocer las enfermedades y plagas, lo que determina más aún, es la falta de un monitoreo que permita verificar en qué estado se encuentra el campo o cultivo. Con la ayuda de la metodología CommonKads en este apartado se puede mostrar tablas que permitieron dar un listado de problemas que se identificaron en estos cultivos para determinar las posibles soluciones que se expresarán en los resultados. Todo lo descrito, se detalla en la tabla siguiente:

TABLA I
MODELO DE ORGANIZACIÓN - PROBLEMAS Y SOLUCIONES

Modelo de Organización	Problemas y Soluciones
Problemas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reconocimiento de plagas y enfermedades desacertado por parte del agricultor o persona externa que ingresa al cultivo. 2. Información perdida después de un reconocimiento, pérdida de puntos de evaluación y las fechas en que fueron realizadas. 3. Pérdidas de control en las medicinas de enfermedad y plaga.
Contexto de la organización	<ol style="list-style-type: none"> 1. El agricultor no cuenta con herramientas tecnológicas que ayuden al manejo de información en cuanto a fechas o registros de las enfermedades y plagas encontradas.
Soluciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se plantea un sistema tecnológico que aporte al reconocimiento de enfermedades y plagas para un control acertado. 2. Aportar con registro de datos la toma de cada enfermedad o plaga encontrada, con la fecha ya que se requiere un seguimiento del cultivo.

Dentro de esta parte de nivel de contexto se hace también un análisis preliminar de requerimientos, esto pertenece al modelo de negocio de RUP, para analizar cómo se encontró y como se realizaba la evaluación en los cultivos de Lambayeque.

Se prosigue a describir de forma detallada las tareas y los procesos que se desarrollan en el sistema pertenecientes al modelo de tareas, esto será de gran ayuda para procesos que se deben seguir secuencialmente para el cumplimiento del sistema. En esta parte se detalló las tareas que se realiza en la aplicación móvil y que será llevado a cabo por un agricultor o una persona externa que requiera integrarse a un campo, esto descrito en los puntos siguientes:

1.1. Descripción de la tarea gestionar usuarios

Se establece la descripción que hará el agente denominado en este caso un agricultor en relación con la gestión de usuario, mostrado en la Tabla II.

TABLA II
DESCRIPCIÓN DE LA TAREA – GESTIONAR USUARIO

Modelo de tareas	Tarea del subsistema enfermedades y plagas
Tarea	Gestionar Usuarios
Agente que realiza la tarea	Agricultor
Objetivo	En esta tarea el agricultor podrá ingresar sus datos para que se convierta en un usuario del sistema, ingresando datos, como correo, contraseña y su foto, para poder gestionar la app.
Ejecución	Se realiza esta parte del modelado en la aplicación móvil con éxito.

1.2. Descripción de la tarea gestionar diagnósticos

En la Tabla III, se establece la descripción que hará el agente denominado en este caso un agricultor en relación con la gestión de diagnóstico.

TABLA III
DESCRIPCIÓN DE LA TAREA – GESTIONAR DIAGNÓSTICO

Modelo de tareas	Tarea del subsistema enfermedades y plagas
Tarea	Gestionar Diagnósticos
Agente que realiza la tarea	Agricultor
Objetivo	1. El usuario podrá tomar imágenes de su cultivo en un determinado punto. 2. El sistema cargará la respuesta del reconocimiento de imágenes con su determinado punto. 3. El usuario podrá visualizar la fecha, fotos y puntos en que fue tomado el reconocimiento.
Ejecución	Se realiza esta parte del modelado en la aplicación con éxito.

1.3. Descripción de la tarea gestionar enfermedades y plagas

Aquí, se establece la descripción que hará el agente denominado, es decir el agricultor con relación a la gestión de enfermedades y plagas mostrado en la Tabla IV.

TABLA IV
DESCRIPCIÓN DE LA TAREA – GESTIONAR ENFERMEDADES Y PLAGAS

Modelo de tareas	Tarea del subsistema enfermedades y plagas
Tarea	Gestionar Enfermedades y Plagas
Agente que realiza la tarea	Agricultor
Objetivo	El usuario podrá visualizar detalles de enfermedades y plagas registradas en el sistema, como fotos e información extra.
Ejecución	Se realiza esta parte del modelado en la aplicación con éxito.

1.4. Descripción de la tarea gestionar medicinas

En esta parte se describe que hará el agente denominado en este caso el agricultor en cuanto a la gestión de medicinas que se tiene en el sistema, descritas en la tabla V.

TABLA V
DESCRIPCIÓN DE LA TAREA – GESTIONAR MEDICINAS

Modelo de tareas	Tarea del subsistema enfermedades y plagas
Tarea	Gestionar medicinas
Agente que realiza la tarea	Agricultor
Objetivo	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario podrá visualizar las medicinas que se recomendarán después de cada reconocimiento determinado en su campo. 2. El usuario contendrá un listado extra de medicinas que retroalimentará el conocimiento del agricultor.
Ejecución	Se realiza esta parte del modelado en la aplicación con éxito.

1.5. Gestionar Campos

Se establece aquí la descripción que hará el agricultor en cuanto a la gestión de campos.

TABLA VI
DESCRIPCIÓN DE LA TAREA – GESTIONAR CAMPOS

Modelo de tareas	Plantilla MT – 05 Tarea del subsistema enfermedades y plagas
Tarea	Gestionar campo
Agente que realiza la tarea	Agricultor
Objetivo	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario podrá registrar su campo para tener una visualización más exacta de su campo a evaluar. 2. El usuario podrá listar su campo con sus puntos registrados del reconocimiento, para tener un mejor diagnóstico.
Ejecución	Se realiza esta parte del modelado en la aplicación con éxito.

1.6. Modelo de Análisis (RUP)

Ahora con RUP, con la ayuda de su diagrama de análisis, se determinó como serán los procesos en la actualidad, es decir cómo se llevan los procesos con el sistema desarrollado, para continuar con el siguiente paso.

1.7. Describir los agentes que realizan las tareas (Modelo de Agentes)

En esta parte se describen los agentes que realizarán las tareas determinadas en el software y se detallan en la Tabla VII.

TABLA VII
DESCRIPCIÓN DEL AGENTE

Modelo de Agentes	Descripción
Nombre	Agricultor o persona externa
Tareas involucradas	Todas las tareas
Ejecución	Se realiza esta parte del modelado en la aplicación con éxito.

2. Nivel de concepto (Compresión de la organización)

2.1. Estructura del conocimiento que se usa para generar una tarea (Modelo de conocimiento)

En esta parte de estructura del conocimiento, se determina una base de conocimiento realizada con ayuda de imágenes, las cuales fueron ingresadas a un set de datos, estas imágenes sirvieron para determinar datos de entrenamiento y prueba que la base de conocimiento recibió para un proceso de entrenamiento, formando un modelo de reconocimiento de imágenes de enfermedades y plagas que se unió al proceso con una aplicación móvil para la interacción más rápida con el usuario. Se determinaron una cierta cantidad de imágenes para cada patógeno, siendo así 5,000 imágenes para cada enfermedad y plaga.

2.2. Comunicación entre los agentes involucrados en el sistema. (Modelo de comunicación)

Una vez determinado los agentes, agricultor o persona externa, en el caso de que el uso lo haga cualquiera de los dos mencionado, en la Tabla VIII se detallan entonces la interacción del agente con el software realizado.

TABLA VIII
DESCRIPCIÓN DE MODELO DE COMUNICACION

Modelo de Comunicación	Descripción
Nombre	Agricultor o persona externa
Relación con el sistema	Se determina que el agricultor tendrá interacción con todos los procesos del sistema, desde el registro de usuario, registro de campo, realizar diagnóstico de reconocimiento de enfermedades y plagas, consultar información adicional a medicinas.
Ejecución	Se realiza esta parte del modelado en la aplicación con éxito.

3. Nivel de implementación (Modelo de su desempeño)

3.1. Desarrollar el conocimiento del sistema. (Modelo de diseño)

En este apartado, se implementa el desarrollo en cuanto al conocimiento como una estructura que trabajará en base a datos y no a diseño específico en sí, pero se menciona el proceso para la implementación de base de conocimiento creada que permite desarrollar el modelo que realiza el conocimiento detrás de una aplicación móvil. Se detalla:

- i. Se seleccionó la herramienta anaconda, dentro de esta se encuentra Spyder que permite escribir el modelo a nivel de código con las imágenes expresadas en la Tabla VIII, con la cantidad de datos divididas en datos de entrenamiento y prueba para su procesamiento.
- ii. Al realizar el reconocimiento, se toman épocas que será determinante para el tiempo que demorará en procesar la red neuronal.
- iii. Al terminar el entrenamiento, el modelo será guardado en archivos h5 que contendrán los pesos del modelo para serán usados para predicciones futuras.

3.2. Modelo de diseño (RUP)

Ahora, para la ejecución final de interfaces del sistema que serán visualizadas en los siguientes puntos se apoyó de la metodología Rup, para la implementación del software, desarrollando un diagrama de clases de diseño del proceso central para gestionar el diagnóstico.

Así también, dentro de la parte de diseño se muestra el diseño de arquitectura del producto acreditable en la Fig.2, para expresar el funcionamiento de comunicación del sistema completo.

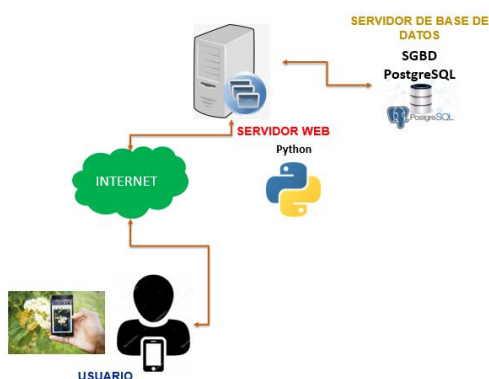


Fig.2. Arquitectura lógica del sistema

4. Resultados en cuanto a objetivos

Demostrando los objetivos planteados se empieza a describir el cumplimiento del primer objetivo.

4.1. Reconocer las características de plagas y enfermedades del cultivo de arroz

En el desarrollo y demostración del primer objetivo se tuvo en cuenta identificar qué características tiene cada plaga y cada enfermedad, esto con la intención de determinar los rasgos importantes de cada parte para el procesamiento de imágenes y poder establecer si era factible realizar el modelo con las características brindadas, en el caso de enfermedades se

observó que las enfermedades de hoja blanca y mancha carmelita cumplían con rasgos para un reconocimiento de imágenes, como también se aceptó la evaluación de la plaga Sogata como entrada para el reconocimiento de imágenes. Para esto se incluye como indicador el número de imágenes tomadas de plagas y enfermedades (un total de 15,000 imágenes) con características beneficiosas registradas para el reconocimiento.

4.2. Determinar un modelo de reconocimiento de imágenes para la detección de plagas y enfermedades del cultivo de arroz

En este segundo objetivo del estudio se realiza una búsqueda para determinar el modelo adecuado que contenga características beneficiosas para el uso de imágenes y redes neuronales convolucionales, el modelo escogido cumple con lo establecido en esta investigación y es el modelo secuencial de Keras, esta biblioteca brinda un modelo para poder entrenar una red neuronal para procesar imágenes, que en este contexto son enfermedades y plagas, este modelo se forma en cuatro pasos, convolución, agrupación, aplanamiento y conexión completa, para la comprensión de este modelo se ilustra todo el procedimiento del modelo en la Fig.6.

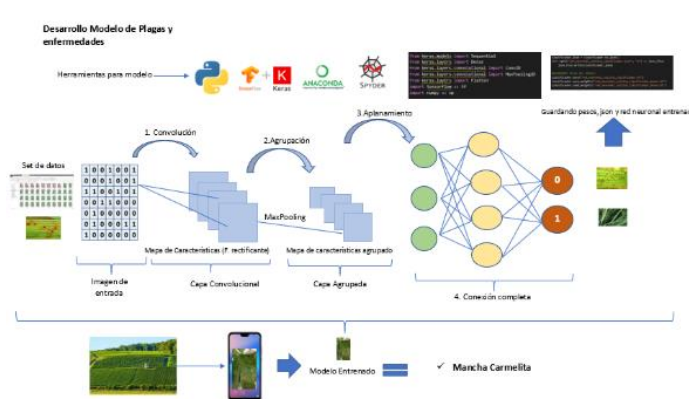


Fig.6. Desarrollo del modelo de red neuronal

4.3. Desarrollar una aplicación con reconocimiento de imágenes apoyado de un modelo

Cumpliendo con el tercer objetivo, se demuestra con el desarrollo de una aplicación móvil, donde el usuario ingresa sus imágenes, puntos, fecha de reconocimiento y el sistema hace el procesamiento con el modelo ya guardado, carga las respuestas a la base de datos y se lista los campos con sus respectivos puntos, apoyando con un diagnostico general de su campo evaluado. Se muestra en la Fig. 3 parte de la interfaz donde el usuario ingresa las imágenes, fechas y se realiza el reconocimiento.

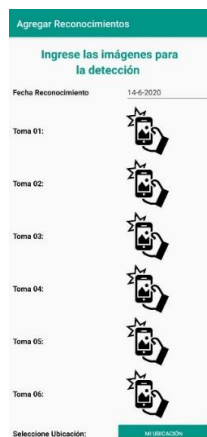


Fig.3. Interfaz de reconocimiento de imágenes

Queda demostrado el tercer objetivo que es desarrollar una aplicación móvil, apoyado de un modelo que trae respuestas con porcentajes de los procesamientos ingresados.

4.4. Probar la funcionalidad del sistema en un campo de cultivo afectado para evidenciar el reconocimiento de plagas y enfermedades de arroz

Para el cumplimiento del cuarto objetivo, se realiza una simulación de un campo de cultivo para evidenciar la funcionalidad del reconocimiento de plagas y enfermedades cumpliendo también con el objetivo general de implementar un sistema inteligente de reconocimiento de imágenes para apoyar el diagnóstico del cultivo de arroz.

Primeramente, se registra un campo a evaluar ingresando los puntos del campo, en la Fig.4 se puede ver el registro de un campo y el listado del campo que viene a ser el área para evaluar.



Fig.4. Interfaz de registro de un campo

Ahora, a través de imágenes impresas precisas se ingresan al sistema para la evaluación en el campo registrado previamente, entonces, en la Fig.6, se muestra la toma de las imágenes, seguidamente, como se registra en un punto en el mapa para el diagnóstico y se muestra las respuestas del procesamiento de imágenes reconociendo la plaga o enfermedad con su respectivas severidad, grado, recomendaciones y medicinas.



Fig.6. Funcionalidad del sistema

Luego, analizando [21], este autor también está dentro del ámbito productivo ya que su investigación se basa en identificar enfermedades causadas por hongos y bacterias en la producción del tomate, este investigador propone la búsqueda de varios modelos con la intención de identificar el más eficiente para su propósito, haciendo uso de clasificación de enfermedades llega a la conclusión que el modelo más eficiente es GoogleNet, a diferencia de lo presentado que usa el modelo secuencial de Keras, además cumpliendo con el objeto planteado tres, ya que cumple con características para el procesamiento de imágenes y el uso de redes neuronales para acercarse a la realidad del reconocimiento de plagas y enfermedades, no se determina otros modelos debido a que se intenta utilizar modelos que están tomando terreno en la tecnología presente como es el modelo secuencial de Keras.

Conclusiones

Concluyendo en este estudio primero tenemos que se logra reconocer las características de plagas y enfermedades para poder establecer cuáles son las que más afectan a los cultivos y además para establecer el modelo que nos va a brindar el reconocimiento de imágenes para su procesamiento.

Segundo, se establece un modelo de reconocimiento de imágenes para la detección de plagas y enfermedades, haciendo uso de capaz de convolución para la creación de la red neuronal y el uso de un set de datos que contiene las imágenes para ingresar al modelo como datos de entrenamiento y prueba, apoyado de librerías como TensorFlow y Keras.

Por consiguiente, se desarrolló un sistema inteligente implementando una aplicación móvil apoyado del modelo de reconocimiento de imágenes, esta aplicación toma imágenes de las plagas y enfermedades trayendo como respuesta los resultados del diagnóstico, es decir que enfermedad o plaga se encontró, como agregado importante la aplicación cumple con los listado de puntos en donde se tomó la imagen y una visión más clara con porcentajes de severidad, grado respectivo, recomendaciones medicinales y costos incluidos, para llevar un diagnóstico general de su campo.

Finalmente, se realizaron las respectivas pruebas de funcionalidad para evidenciar el reconocimiento de plagas y enfermedades.

Recomendaciones

Para investigaciones futuras se recomienda, debido a que esta investigación se implementó con librerías aplicadas hoy en día, entre ellas TensorFlow, está puede ingresar directamente al desarrollo de una aplicación móvil con unión de Android Studio, se recomienda ir a una versión más adelante ya que en lo presentado se envían las imágenes a un servidor externo que tiene el modelo guardado.

También, se puede evaluar otros modelos de reconocimiento de imágenes, incluso utilizando otras librerías para que nos den resultados más precisos para la detección de plagas y enfermedades.

Por último, en este estudio brinda el procesamiento de una cantidad de enfermedades y plagas, pero en un cultivo existen una diversidad de estos patógenos que afectan el cultivo de arroz, se podría agregar más enfermedades y plagas para un diagnóstico más completo del cultivo.

Referencias

- [1] H. Pérez y R. Irán, "Manejo Integrado De Los Principales Insectos-Plaga Que Afectan El Cultivo De Arroz En Ecuador" *IOSR Journal of Engineering*, Vol.09, pp.53-61, May.2019.
- [2] L. Castilla, D. Pineda, J. Ospina, J. Echeverry, R. Perafan, G. Garces, J. Sierra y A. Dias, "Cambio climático y producción de arroz," *Revista Arroz*, vol. Vol.58 , nº No.489, 2010.
- [3] E.Heros., "Manejo Integrado en el cultivo de Arroz", Agrobanco, Perú, Informe técnico,2013.[En línea] Disponible en: <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/006-a-arroz.pdf>
- [4] Senasa, "Senasa Contigo", 24 Junio 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/senasa-recomienda-medidas-de-prevencion-para-evitar-plagas-en-el-arroz/>.
- [5] G. Rios, "Implementación de un Sistema Experto para la Detección de Plagas y Enfermedades del Cultivo de Arroz en la Dirección Regional de Agricultura San Martín, 2016", Tesis de fin de grado, Dpto: Facultad de Ingeniería, Universidad César Vallejo, San Martín, Perú, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/225601334.pdf>
- [6] C. Barrantes y L. Vigo, "Sistema Experto movil para el diagnostico y manejo integral de Plags en el Arroz", Tesis de fin de grado, Dpto: Facultad de ciencias físicas y matemáticas, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú. 2015. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/8488/BARRANTES%20ANGULO%2c%20Carlos%20J.%20%20VIGO%20PORTILLA%2c%20Luis%20A.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [7] E.Heros., "Alternativas Teconológicas para Contribuir a la Sustetabilidad del Cultivo de Arroz(Oryza sativa L.) en el Perú,", Tesis Doctoral, Dpto: Escuela de Posgrado, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú, 2019.[En línea]. Disponible en : <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3987/heros-aguilar-elizabeth-consuelo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [8] Senasa, "Implementación de acciones en el manejo integrado de plagas cultivos priorizados," Lima, Perú, 2017.

- [9] Intituto Nacional de Innovacion Agraria - INIA, "Manejo del cultivo de arroz bajo el sistema de riego con secas intermitentes en las regiones de Tumbes, Piura, Lambayeque y la Libertad," Intituto Nacional de Innovacion Agraria - INIA, Lima - Perú, 2020.
- [10] P.Gómez., 06 Abril 2016. [En línea]. Disponible en : <http://ccc.inaoep.mx/~pgomez/conferences/PggTSys16.pdf>.
- [11] J. Gelvez, " Redes neuronales convolucionales y redes neuronales recurrentes en la transcripción automática", 17 Julio 2019. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/334506545_Rednes_neuronales_convolucionales_y_redes_neuronales_recurrentes_en_la_transcripcion_automatica.
- [12] J.Torres., "Deep Learning, introducción práctica con Keras (Primera Parte)", 2019. [En línea]. Disponible: <https://torres.ai/deep-learning-inteligencia-artificial-keras/>.
- [13] Keras, "Keras", [En línea]. Disponible en: https://keras.io/guides/sequential_model/.
- [14] C. Cortés., "Herramientas Modernas en Redes Nuronales: La Librería Keras," Madrid, España, 2017.
- [15] E. Escobar, "Predicción de Agentes Patógenos en Plantas Ornamentales Utilizando Redes Neuronales", Tesis de maestría, Dpto: División de Estudios de Postgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Colima, Colima, México, 2018.[En línea]. Disponible en: <https://dspace.itcolima.edu.mx/jspui/bitstream/123456789/1235/1/TESIS%20EMMANUEL%20ESCOBAR%20AVALOS%20%282%29.pdf>
- [16] D. Villacís, "Detección de Maleza en el Cultivo de Caña de Azúcar en el Ingenio Valdez mediante Teledetección", Tesis de grado, Dpto: Facultad de Ingenieria ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador, 2017.[En línea]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13219/1/T-UCE-0011-31.pdf>
- [17] A. Reátegui y M. Velasco, "Aplicación informática para reconocimiento de la especie Camu Camu(Myrciria Dubia) a traves de Redes Neuronales Convolucionales, en Iquitos Perú, durante el año 2017", Tesis de fin de grado, Dpto: Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática, Universidad UNAP, Iquitos, Perú, 2018. [En línea]. Disponible en : http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/5962/Alejandro_tesis_maestria_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- [18] R. Coronado, "Reconocimiento de Patrones en Imágenes no Dermatoscópicas para la detección de enfermedades malignas en la piel, utilizando Redes Neuronales Convolutivas y Autocodificadores", Tesis de Maestría, Dpto: Escuela de Posgrado, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú, 2018. [En línea]. Disponible en : <http://bibliotecas.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6520/ISMcoperr.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [19] J. Estela, "Análisis Comparativo de Algoritmo de Reconocimiento de Imágenes por Descriptores de color para la Identificación de Billetes", Tesis de fin de grado, Dpto: Escuela profesional de Ingeniería de Sistemas, Universidad Señor de Sipán, Chiclayo, Perú, 2016. [En línea]. Disponible en : <https://docplayer.es/80255417-Titulo-de-la-tesis-analisis-comparativo-de-algoritmos-de-reconocimiento-de-imagenes-por-descriptores-de-color-para-la-identificacion-de-billetes.html>
- [20] D. Campos y L. Mundaca, "Propuesta de Método de Reconocimiento de Imágenes para la Identificación del Melanoma Humano", Tesis de fin de grado, Dpto: Escuela profesional de Ingeniería de Sistemas, Universidad Señor de Sipán, Chiclayo, Perú, 2016. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/uss/156/4TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [21] Maeda.V, "Comparación de Arquitecturas de Redes Neuronales Convolucionales para la Clasificación de Enfermedades en Tomate", Tesis de Maestría, Dpto: Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica, Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, México, 2019. [En línea]. Disponible en: <http://ricaxcan.uaz.edu.mx/xmlui/handle/20.500.11845/1696>

Anexos

Anexo 01

FORMULARIO DE FUNCIONALIDAD DEL SISTEMA INTELIGENTE DE RECONOCIMIENTO DE IMÁGENES PARA APOYAR EL DIAGNOSTICO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES EN EL CULTIVO DE ARROZ		
Encuesta para expertos en el área de agronomía		
Nombre	Nivel	
PREGUNTAS SOBRE LA APLICACIÓN	Valoración	
	SI	NO
1. ¿Cree usted que la función de esta aplicación móvil apoyaría al diagnóstico del cultivo de arroz y a la agricultura actual?		
2. ¿Usted usaría esta aplicación móvil para realizar un diagnóstico del cultivo de arroz?		
3. ¿Usted observa una interacción acertada entre la funcionalidad de la aplicación y el diagnóstico de plagas y enfermedades?		
4. ¿Las interfaces cumplen una función entendible para el registro y reportes de un diagnóstico?		
5. ¿Cree usted que la función del sistema se asemeja al rol de manejo de diagnóstico de plagas y enfermedades que se realiza en un cultivo de arroz?		
Agradecería escriba alguna recomendación o sugerencias para el desarrollo de la aplicación.		