

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



Sistema experto para calcular la dosificación de agroquímicos en plagas y enfermedades de la planta de arroz en el distrito de Pimentel

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

AUTOR

Monica Stefany Samillan Zapata

ASESOR

Oscar Alex Serquen Yparraguirre

<https://orcid.org/0000-0001-9968-493X>

Chiclayo, 2023

**Sistema experto para calcular la dosificación de agroquímicos en
plagas y enfermedades de la planta de arroz en el distrito de
Pimentel**

PRESENTADA POR
Monica Stefany Samillan 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

Luis Augusto Zuñe Bispo
PRESIDENTE

Roger Ernesto Alarcón García
SECRETARIO

Oscar Alex Serquen Yparraguirre
VOCAL

Dedicatoria

A Dios por
por darme la fuerza de continuar
cada proceso y poder lograr uno
de mis anhelos más deseados.

A mis padres por su esfuerzo, apoyo y sacrificio,
gracias a ellos he logrado llegar hasta aquí
y convertirme en lo que soy.

A mis hermanas y hermano por estar
siempre conmigo y por su gran apoyo moral,
que me brindaron a lo largo de esta etapa de
mi vida.

Agradecimientos

A mi asesor de tesis Mgtr. Oscar Serquen Yparraguirre,
quien ha sido mi guía con su paciencia, y su rectitud
como docente, y por haber compartido sus conocimientos
en todo el proceso de la elaboración de la tesis.

A todas las personas que me han apoyado y
compartieron conmigo sus conocimientos,
han hecho que el trabajo se realice con
éxito en especial a aquellos que me
brindaron su confianza.

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

11%

2

tesis.usat.edu.pe

Fuente de Internet

4%

3

dspace.esPOCH.edu.ec

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.ug.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

5

repositorio.uladech.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

6

www.coursehero.com

Fuente de Internet

<1%

7

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

8

arxiv.org

Fuente de Internet

<1%

9

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

Índice

Resumen	6
Abstract	7
Introducción.....	8
Revisión de literatura.....	10
Materiales y métodos	13
Resultados y discusión	14
Conclusiones	28
Recomendaciones	29
Referencias.....	30
Anexos	32

Resumen

En Pimentel el cultivo de arroz es uno de los más importantes para los agricultores. Pero como toda planta existe la presencia de plagas o enfermedades, y para atacarlas el agricultor necesita saber que agroquímicos es recomendable y además calcular la dosis adecuada del producto para la aplicación en su parcela. Es por ello que, el trabajo de investigación pretende desarrollar un sistema experto para calcular la dosificación de agroquímicos en plagas y enfermedades de la planta de arroz en el distrito de Pimentel. Esto se propuso debido a las dificultades que se logró encontrar en agricultores independientes de la zona. Es por ello, que el sistema permite al agricultor detectar que plaga o enfermedad padece su planta, después ello mostrara una lista de agroquímicos recomendados, la cual después de seleccionar el producto, el agricultor llenara los datos solicitados por el sistema para la dosificación adecuada para la aplicación de agroquímico en su parcela. Además, se utilizó la metodología CommonKADS para el desarrollo de la solución. Los resultados obtenidos por esta solución lograron satisfacer las necesidades de los agricultores independientes. Logrando así más del 90% de precisión al momento de calcular la dosis de agroquímicos a aplicar.

Palabras claves: Redes neuronales, sistema experto, agroquímicos

Abstract

In Pimentel, rice cultivation is one of the most important for farmers. But like any plant there is the presence of pests or diseases, and to attack them the farmer needs to know what agrochemicals are recommended and also calculate the appropriate dose of the product for application in his plot. That is why the research work aims to develop an expert system to calculate the dosage of agrochemicals in pests and diseases of the rice plant in the district of Pimentel. This is due to the difficulties that will be found in independent farmers in the area. That is why the system allows the farmer to detect which pest or disease his plant suffers from, then it will show a list of recommended agrochemicals, which after selecting the product, the farmer will fill in the data requested by the system for the adequate dosage for the application of agrochemical in your plot. In addition, the CommonKADS methodology was adopted for the development of the solution. The results obtained by this solution managed to satisfy the needs of independent farmers. Thus achieving more than 90% accuracy when calculating the dose of agrochemicals to apply.

Keywords: Neural networks, expert system, agrochemicals

Introducción

En el sector agrícola, la siembra de arroz es el principal cultivo alimenticio al cual se dedican miles de agricultores en distintas partes del mundo. Entre ellos destaca China, Indonesia e India, siendo uno de los principales productores en los últimos años [1]. En la actualidad, Perú se ubica como el vigésimo primer lugar de productores de arroz a nivel mundial, con un volumen de producción de 2,200,000 toneladas métricas [2]. Los países que se dedican a sembrar este tipo de cereal no son ajenos a la aplicación de agroquímicos para atacar plagas y enfermedades en la planta de arroz. Un agroquímico es una sustancia destinada a controlar o evitar plagas o enfermedades agrícolas, entre las más comunes se encuentran los plaguicidas, herbicidas, insecticidas y fungicidas. En el cultivo de arroz hay una cantidad de factores que se deben considerar para poder decidir la dosificación del producto a utilizar, estos son: el cultivo, equipo de aspersión, plaga o enfermedad identificada, hectáreas, suelo, agua y el producto a utilizar. La dosificación es establecer una porción o cantidad del producto, con el fin de lograr un resultado determinado. La correcta dosificación del agroquímico permite un mejor control, disminuyendo el riesgo y daños por plagas o enfermedades en los cultivos, así como la contaminación ambiental. Además, se logra la disminución de gastos para el productor al optimizar el uso de agroquímicos [3]. Según la revista cubana de ciencias informáticas detalla que en Cuba cada año presentan pérdidas en sus cultivos de arroz por la incidencia de plagas y enfermedades que atacan a la planta de arroz. Para contrarrestar estas enfermedades y plagas los agricultores utilizan numerosos agroquímicos sin lograr el control deseado, esto los ha llevado al incremento de los costos de producción, pérdidas de su cultivo, estrés en la planta y reducción de beneficios del agricultor [4]. Según la revista Ra Ximhai detalla que en México uno de los mayores problemas es el uso indiscriminado de agroquímicos ha perjudicado a la salud y sobre todo al medio ambiente. La aplicación en exceso de estos productos sin la orientación de un experto ha traído grandes pérdidas económicas y productivas en los cultivos. Entre otros riesgos que se generan está la pérdida de la fertilidad del suelo [5]. Según la revista Espacios detalla que, en el Valle de Cañete de Perú, los agricultores aplican pesticidas en sus parcelas, sin tener en cuenta la toxicidad que puede ocasionar el producto, esto implica la contaminación del aire, suelo y agua. Es por eso la importancia que tiene el saber cada proceso sobre el manejo adecuado de agroquímicos en el cultivo [6].

En el distrito de Pimentel donde se desarrolla la presente investigación a través de encuestas realizadas a 37 agricultores independientes (ver anexo 3) que se dedican a las

campañas de arroz, se logró identificar que el agricultor hace uso de agroquímicos para atacar plagas y enfermedades que presenta su planta de arroz. Sin embargo, de acuerdo a la encuesta realizada (ver anexo 4), el 70% de los agricultores tienen el conocimiento básico sobre agroquímicos. Además, el 92% selecciona el agroquímico en base a su criterio propio, de las cuales el 62% calcula la dosificación del producto en base a su experiencia. Esto ha ocasionado que el 68% de cultivos sufrieran daños por un mal uso de agroquímicos para atacar plagas y enfermedades. La toxicidad en la planta de arroz es muy común debido al exceso de producto, por otro lado, está asociado a las variaciones del suelo, ya sea por falta de conocimiento, experto humano o recursos, esto afecta la economía de los agricultores cuyo sustento es la campaña de arroz. En conclusión, luego de analizar la información se determina que existe la ausencia de conocimiento de agroquímicos para el tratamiento de la planta y dificulta en el cálculo de dosis de agroquímicos para la aplicación en la parcela. Es así como surge la interrogante: ¿De qué manera se puede apoyar a calcular la dosificación de agroquímicos en plagas y enfermedades en la planta de arroz en el distrito de Pimentel? Es por ello que, se propuso crear un sistema experto para calcular la dosificación de agroquímicos para plagas y enfermedades en la planta de arroz, la cual ayudará a los agricultores independientes a que puedan reducir el consumo de agroquímicos, la contaminación del medio ambiente y sobre todo garantizar una alimentación saludable para la población. Esta investigación se justifica en el beneficio futuro de profesionales que se interesen en la mejora del sector agrícola, es decir, brindarle al agricultor el beneficio de poder mejorar su producción al terminar su campaña de arroz u otro tipo de siembra en la que estén interesados. Por otro lado, se justifica tecnológicamente por el desarrollo del producto que permitirá un adecuado cálculo de la dosificación de agroquímico para atacar plagas y enfermedades de la planta de arroz, esta herramienta será de apoyo para el agricultor para que pueda aplicar el agroquímico con mejor precisión evitando la toxicidad en la planta, estrés híbrido, contaminación ambiental entre otros factores. Socialmente, con esta solución los agricultores independientes desconocen de la variedad de productos existentes para atacar plagas y enfermedades que puede presentar en la planta de arroz, la cual dificulta el uso adecuado de agroquímicos y la dosificación correcta para aplicar en la planta de arroz, esto ha ocasionado pérdidas significativas a los agricultores. Es por eso que se necesitan medios que apoyen en el cálculo de la dosificación adecuada de agroquímicos para evitar pérdidas durante su campaña de arroz y tener un mejor cuidado del cultivo. Se planteó como objetivo general Implementar un sistema experto basado en la metodología Commonkads para el cálculo de la dosificación de agroquímicos en plagas y enfermedades en la planta de arroz en el distrito de Pimentel. Como objetivos específicos fueron establecidos los siguientes: Establecer un

algoritmo basado en reconocimiento de imágenes para la detección de plagas y enfermedades en la planta de arroz, crear una aplicación web para el cálculo de la dosificación de agroquímicos en plagas y enfermedades de la planta de arroz, establecer reglas para determinar el nivel de gravedad de las plagas y enfermedades, obtener una validación de funcionalidad correcta del sistema experto a través del usuario y validar la dosificación correcta de agroquímicos en plagas y enfermedades en la planta de arroz a través del experto.

Revisión de literatura

Para la presente investigación se procede a realizar la búsqueda y análisis de información para la solución. Primero se realiza el análisis de informes con contenido similar pero basado en diferentes autores. Según los autores - Álvarez, Juan et al [7], manifiestan la necesidad que existe en los agricultores en cuanto al exceso del uso de los agroquímicos en el cultivo de banano. Con el fin de apoyar a los agricultores se implementó un SE para ayudar al cálculo de la necesidad de agroquímicos basada en la metodología orientada a objetos. Además, se utilizó el método encadenamiento hacia atrás y reglas con la intención de aumentar la producción del cultivo, reducir costos de producción y disminuir el impacto ambiental sobre el medio ambiente. Finalmente, se concluye que, al realizar las pruebas frente al experto se obtuvo una aceptación sobre la asistencia de agroquímicos en el cultivo de banano. Se considero esta investigación, ya que tiene relación temática con el cálculo del uso de agroquímicos, pero en otro cultivo. También técnicamente, al elaborar entrevistas para la recolección de información. Por otro lado, Bazán y Herrera [8], comentan que los agricultores manejan las actividades agrícolas de forma tradicional; como es el control y monitoreo de plagas, enfermedades y malezas, siendo ésta de gran importancia ya que si no se detecta de forma inmediata se puede sufrir pérdidas significativas y además la posibilidad de peligro en cuanto la seguridad alimentaria. Para desarrollar este sistema se utilizó la herramienta Progéte y tres importantes lenguajes el OWL (Lenguaje ontológico para la web), XML y RDF. Además, se utilizó la metodología Methontology ya que es una de las más conocidas y completas. El valor agregado de esta investigación es crear un modelo ontológico para el control y monitoreo de cultivos de arroz, café y cacao, esto servirá de ayuda para los agricultores. Se toma en cuenta esta investigación, ya que tiene relación temática en cuando al controlar las plagas, enfermedades y malezas haciendo uso adecuado de los agroquímicos. Mientras que los autores Yaya y Ángulo [9], declaran que los cultivos de uva se realizan en seco y en el periodo de lluvia el cultivo es perjudicado por plagas y enfermedades, por otro lado, existe un exceso de uso de fertilizantes

que dañan a la planta y parte del producto, reduciendo su valor económico. Es por ello por lo que, se implementó un sistema experto de diagnóstico, prevención y control de enfermedades y plagas del cultivo de uva. La recolección de la información fue obtenida de los expertos y de bibliografías sobre el tema de estudios. Para desarrollar del sistema se trabajó con el lenguaje SWI-Prolog para crear una base de datos. Además, se usó la herramienta java para la creación de interfaz de usuario. Para poder demostrar que este sistema es eficiente, se seleccionó una plaga y una enfermedad, realizando 5 pruebas de cada una, obteniendo el 80% de validación. Se tomó esta tesis porque tiene relación temática en cuanto a la recomendación de uso de agroquímicos en plaga y enfermedades, pero en otro sector agrario. También técnicamente en cuanto al uso de herramientas para la recolección de la información. Mediante la búsqueda realizada en diferentes plataformas de tesis, revistas y artículos no se encontró fuentes relacionadas a nivel local. Es por ello que no se presentan fuentes que respalden la investigación.

Feigenbaum [10], en el congreso nacional de IA, define a un sistema experto como un sistema informático que simulad el juicio, habilidad y conducta de un experto humano que tiene conocimiento y experiencia necesaria en un campo, de manera que permita dar soluciones a problemas que se basan en conocimiento. Existen tres tipos de sistemas expertos: basado en reglas, basado en casos y en reglas bayesianas. Además, la estructura de los sistemas expertos está conformada por: base de conocimientos, base de hechos, motor de inferencia, subsistema de explicación e interfaz de usuario [11]. Por otro lado, el reconocimiento de imágenes se ha ido desarrollando a medida que mejora la tecnología. Está potenciada por varias herramientas tecnológicas que puede usar para reconocer, analizar e interpretar imágenes, pueden buscar innumerables imágenes de manera rápida y arrojar información que necesitamos. Son clasificadas de la siguiente manera: redes neuronales monocapa, multicapa y redes neuronales convolucionales (CNN) [12]. Redes neuronales monocapa, corresponde con la red neuronal más simple, está compuesta por una capa de neuronas que proyectan las entradas a una capa de neuronas de salida donde se realizan los diferentes cálculos. Las redes neuronales multicapa, usadas para transformar un conjunto de datos especificado en otro también especificado. Su arquitectura típica dispone de un conjunto de capas intermedias (capas ocultas) entre la capa de entrada y la de salida. Salida depende de entradas y pesos. Las redes neuronales convolucionales (CNN), son muy efectivas para tareas de visión artificial, como en la clasificación y segmentación de imágenes. Las aplicaciones móviles se definen como la programación de aplicativos diseñados para ejecutarse en teléfonos móviles, tables y otros dispositivos, que

proporciona al usuario hacer actividades profesionales, accediendo a servicios, informase, entre otras [13]. Una de los tipos de aplicaciones es la aplicación nativa es aquella que se diseña con un lenguaje de programación determinado y está dirigida a funcionar con un sistema operativo específico [14]. También otro tipo es la aplicación web son aquellas que no se ejecutan en el dispositivo móvil, sin embargo, se usan mediante internet y un navegador. Además, es multiplataforma y se adapta a la pantalla del dispositivo que se está usando. Este tipo de aplicación es la más económica a la hora de desarrollar una aplicación móvil [15]. Como tercer tipo se tiene las aplicaciones híbridas esta aplicación se desarrolla de una manera similar al web que hacen uso de lenguajes HTML, JavaScript y CSS y se ejecuta bajo un contenedor nativo. Es decir, es una combinación entre aplicaciones web y nativa. Además, está orientada a funcionar bajo distintos sistemas operativos móviles. [16]

Se llama plaga a la existencia excesiva de animales o insectos dañinos (se alimentan de plantas) en un campo de cultivo reduciendo la productividad del cultivo, disminuye el valor de la cosecha o aumenta los costos de producción [17]. Las siguientes plagas en la planta de arroz que se mencionaran a continuación son las que más comunes en la región de Lambayeque: la mosquilla (*Hydrellia* spp), gusano rojo (*Chironomidae*), la novia del arroz (*Rupella albinella*), gusano cogollero y sogata (*Togodes Oryzicola*). Por otro lado, están las enfermedades en la planta que se define como desórdenes fisiológicos entre ellas se encuentran los hongos, virus, nematodos, bacterias y micoplasmas; mientras que los no infecciosos ocasiona estrés ambiental, desequilibrio nutricional, y toxicidad química (causada contaminantes del aire y por plaguicidas). Es decir, al ser incapaz de producir su propio alimento estos atacan a los cultivos afectando en su desarrollo y disminuyendo su producción [18]. Las siguientes enfermedades en la planta de arroz que se mencionaran a continuación son las que más comunes en la región de Lambayeque: carbón de arroz (*Piricularia oryzae*), pudrición del tallo (*Rhysoctonia solani*), añublo de vaina (*Burkholderia glumae*), falso carbón (*Ustilaginoidea virens*), hoja blanca (VHB), baba de sapo y mancha carmelita (*Helminthosporium oryzae*). Para estas plagas y enfermedades que se presentan en la planta de arroz son tratadas con agroquímicos que son una sustancia o concentrado de productos químicos, que suele ser utilizada por agricultores para tener un mejor rendimiento de su cultivo. El producto químico se usa para reducir, tratar y eliminar una plaga o cualquier patógeno ambiental que ocasionen daño a los cultivos, y para apoyar en el crecimiento rápido de las plantas [19]. A continuación, se mencionan tipos de agroquímicos más utilizados para plagas y enfermedades [20]: Herbicidas este tipo de agroquímico se emplea para descartar y prevenir el desarrollo de plantas no deseadas que afecta

en los cultivos. Es por ello que se aplica un herbicida específico por cada planta. Otro de los tipos son los fungicidas que se emplea para matar o prevenir el crecimiento de hongos, la cual deben ser eliminado ya que pueden llegar a dañar o matar todo tipo de plantas o cultivos. También esta los Insecticidas que emplea para matar o controlar plagas de insectos portadores de enfermedades que pueden alterar el crecimiento de los cultivos.

En cuanto a la metodología se determinó por la metodología CommonKADS ya que sirve para analizar y desarrollar sistemas basados en conocimiento que interactúa con el usuario directamente, a través de los métodos de conocimiento. Además, abarca todo el ciclo de desarrollo del software por medio de un número de modelos. La metodología proporciona una serie de plantillas o formularios que facilitan la implementación del sistema y que facilita adquirir especificaciones y requerimientos del problema y la solución, en cuanto a la relación con los demás en la organización, de los que participan en el problema y del conocimiento que se necesita para llegar al producto final [21].

Materiales y métodos

La presente, es una investigación basada en un tipo de investigación experimental. Mediante el estudio de la situación actual de los agricultores independientes, se busca que el sistema apoye a estos agricultores en el cálculo de la dosificación de agroquímicos. El estudio de la situación de los agricultores se dio mediante encuestas para identificar los problemas más frecuentes que estos presentan. Además, se realizó una entrevista al experto humano con conocimientos sobre plagas y enfermedades en la planta de arroz, y agroquímicos de cada uno de ellos para su tratamiento. Se utilizó el método analítico para el estudio y análisis del problema que presenta la organización, deductivo se determina la estrategia para el planteamiento de la propuesta de solución al problema e implementación la cual se pondrá en ejecución la propuesta de solución. Como técnicas para la recolección de datos fue apoyado por entrevistas y encuestas al agricultor como también al experto en conocimiento.

Se utilizó la metodología commonKADS para el desarrollo del software y está compuesta por siete iteraciones. La primera iteración es el modelado de la organización en este modelo se desarrollarán las actividades siguientes: Identificar los problemas y las posibilidades de mejora, descripción de los aspectos afectados por la solución escogida, descomposición de los procesos, descomposición de activos de conocimiento y análisis de viabilidad. La segunda iteración

modelado de tareas contiene las actividades siguientes: análisis y descripción de la tarea dentro del proceso, y describir cada elemento de conocimiento de la tarea. La tercera iteración modelado de agentes tiene como actividad realizar la descripción de agentes. La cuarta iteración modelado de conocimientos contiene las siguientes actividades: adquisición del conocimiento, definir la conceptualización del dominio y conocimiento de inferencias. La quinta iteración modelado de Comunicación tiene las siguientes actividades: describir las transacciones ejecutadas e intercambio de información que detalla la estructura interna. La sexta iteración modelado de Diseño se desarrollarán las siguientes actividades: diseño de arquitectura, especificación de Plataforma, especificación detallada de la arquitectura, diseño detallado de la aplicación. La séptima iteración pruebas que se desarrollo mediante pruebas de caja blanca y pruebas de caja negra.

Resultados y discusión

A continuación, se mencionan las actividades que se realizarán en cada una de las iteraciones de la metodología CommonKADS:

1. Iteración #1: Modelado de Organización

En este modelo se desarrollarán las iteraciones siguientes:

✓ Identificar los problemas y las posibilidades de Mejora

Es este apartado se realizaron encuestas para identificar el problema de los agricultores independientes, la cual se obtuvo que el agricultor selecciona el producto en base a criterio propio y calcula la dosificación del producto en base a su experiencia. Es por ello que se realizó la siguiente propuesta de solución: Desarrollar un sistema experto para determinar la cantidad de agroquímico que se requiere aplicar en la plaga o enfermedad detectada.

✓ Descripción de los aspectos afectados por la solución escogida.

Se menciona como uno de los aspectos afectados al ingeniero agrónomo y al agricultor. De manera negativa se ve afectado el ingeniero agrónomo dado que los agricultores al manejar el aplicativo web/móvil no necesitara tener un gasto en consulta con el ingeniero agrónomo ya que los mismos agricultores podrán realizar su identificación de plagas o enfermedades y además el cálculo del producto recomendado por el sistema de esta manera el agricultor es afectado de forma positiva.

✓ **Descomposición de los procesos**

En este apartado se hace la descripción de los procesos a través de un cuadro explicando cada tarea y por quien fue realizada y donde, además que recursos de conocimiento se le asignara a cada tarea y la importancia que tiene cada proceso. Además, se realizó la definición de cada recurso de conocimiento.

✓ **Descomposición de Activos de conocimiento.**

Se describe la descomposición de los activos de conocimiento, la cual se mencionan los recursos de conocimiento de cada tarea y a quien pertenece. Además, se realizan preguntas de la forma, lugar, tiempo y calidad adecuada.

✓ **Análisis de viabilidad**

En este apartado se describe la lista de verificación para la decisión de la viabilidad de la investigación tanto económica, social y tecnológica. Es económica porque El uso de este sistema experto permitirá al agricultor reducir gastos en agroquímicos. Así mismo, podrá aplicar la medida adecuada de agroquímico para atacar plagas y enfermedades de la planta de arroz, garantizando mejores ingresos al finalizar su campaña de arroz. Es de manera social ya que, se necesitan medios que apoyen en el cálculo de la dosificación adecuada de agroquímicos para evitar pérdidas durante su campaña de arroz y tener un mejor cuidado del cultivo. Por último, tecnológica ya que en este proyecto se desarrollará un sistema experto que permitirá un adecuado cálculo de la dosificación de agroquímico para atacar plagas y enfermedades de la planta de arroz, esta herramienta será de apoyo para el agricultor para que pueda aplicar el agroquímico con mejor precisión evitando la toxicidad en la planta, estrés híbrido, contaminación ambiental entre otros factores.

2. Iteración #2: Modelado de Tareas

En este modelo se desarrollarán las iteraciones siguientes:

✓ **Análisis y descripción de la tarea dentro del proceso**

En este apartado se hace un análisis y descripción de cada tarea mencionada. Esto se representa por medio de cuadros. Este análisis de tarea esta conformado por la identificación de un objetivo y valor, dependencia y flujos, objetos manipulados, tiempo y control, agente, conocimiento y capacidad, calidad y eficiencia; lo antes mencionado se realiza por cada tarea identificada.

✓ **Describir cada elemento de conocimiento de la tarea**

Se realiza un cuadro por cada recurso de conocimiento, la cual se realiza un análisis de naturaleza de conocimiento, forma del conocimiento y disponibilidad del conocimiento.

3. Iteración #3: Modelado de Agentes

En este modelo se desarrollarán las siguientes iteraciones:

✓ **Realizar la descripción de agentes**

Describe en detalle las características y el vínculo de comunicación existente entre el agente que hace una tarea. Es decir se menciona al agente y en que tarea esta involucrado y con quien tiene la comunicación, además hace mención a los recursos de conocimiento y las responsabilidades y obligaciones.

4. Iteración #4: Modelado de Conocimientos

En este modelo se desarrollarán las siguientes iteraciones:

✓ **Adquisición del conocimiento**

En este apartado se menciona todo el conocimiento adquirido para el sistema en el que se representa el proceso de cada uno de ellos.

✓ **Definir la conceptualización del dominio.**

Se define cada dominio mencionado, en este caso llamado diagrama de conceptos, es decir se menciona cada atributo de la base de datos con su respectivo concepto.

✓ **Conocimiento de inferencias**

Se formularon 36 reglas en base a los síntomas de las plagas y enfermedades y poder identificar en nivel de gravedad de la infección de la planta y además de la parcela. Otro punto a tratar en este apartado es la estructura de la red neuronal convolucional utilizada para el reconocimiento de imágenes.

5. Iteración #5: Modelado de Comunicación

En este modelo se desarrollarán las siguientes iteraciones:

✓ Describir las transacciones ejecutadas

✓ Describir las transacciones ejecutadas

TABLA I HOJA DE TRABAJO CM - 1

Modelo de comunicación	Hoja de trabajo CM-1
Nombre	Muestra interfaz
Información	Solicita usuario y contraseña
Involucrados	Usuario – Sistema experto
Restricciones	
Especificaciones del intercambio de información	Esta transición ingresa al sistema.

TABLA II HOJA DE TRABAJO CM-2

Modelo de comunicación	Hoja de trabajo CM-2
Nombre	Muestra interfaz
Información	Reconocimiento de imagen
Involucrados	Usuario – Sistema experto
Restricciones	El usuario deberá tomar la foto de la planta de arroz.
Especificaciones del intercambio de información	Esta transición muestra el diagnóstico de la plaga o enfermedad

TABLA III HOJA DE TRABAJO CM-3

Modelo de comunicación	Hoja de trabajo CM-3
Nombre	Muestra interfaz
Información	Solicita datos para la dosificación
Involucrados	Usuario – Sistema experto
Restricciones	El usuario deberá llenar la interfaz con los datos solicitados para la dosificación del agroquímico
Especificaciones del intercambio de información	Esta transición muestra la dosis adecuada a aplicar

TABLA IV HOJA DE TRABAJO CM-4

Modelo de comunicación	Hoja de trabajo CM-4
Nombre	Muestra interfaz
Información	Registra información de la dosificación
Involucrados	Usuario – Sistema experto
Restricciones	
Especificaciones del intercambio de información	Esta transición registrará el diagnóstico y los resultados de la dosificación

- ✓ Intercambio de información que detalla la estructura interna

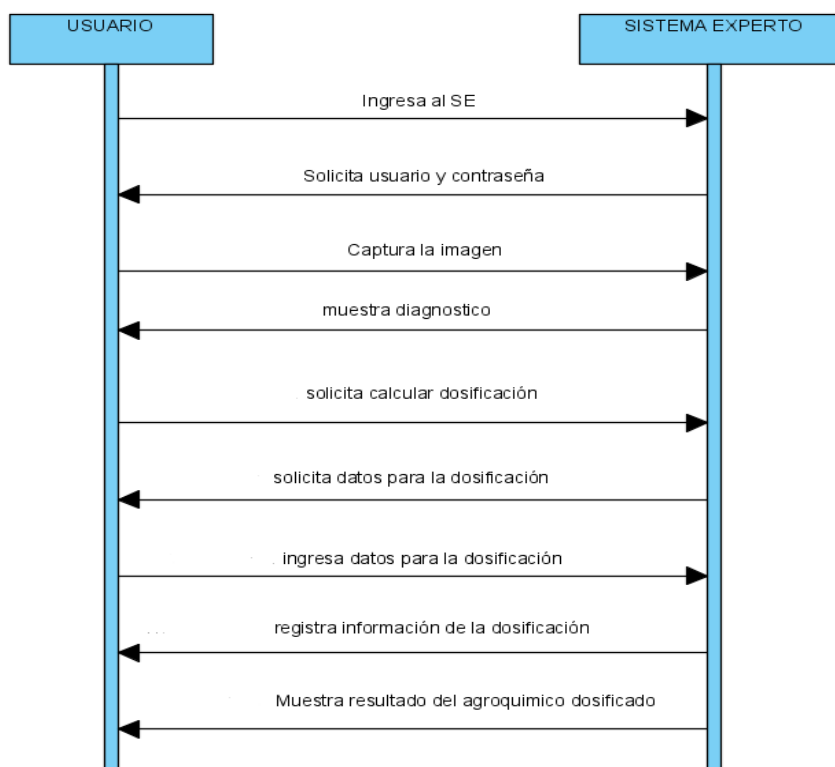


FIGURA 1 MODELO DE COMUNICACIÓN. FUENTE PROPIA

6. Iteración #6: Modelado de Diseño

En este modelo se desarrollarán las siguientes iteraciones:

✓ **Diseño de Arquitectura.**

La arquitectura que se considerará en la implementación del producto acreditable es la siguiente:

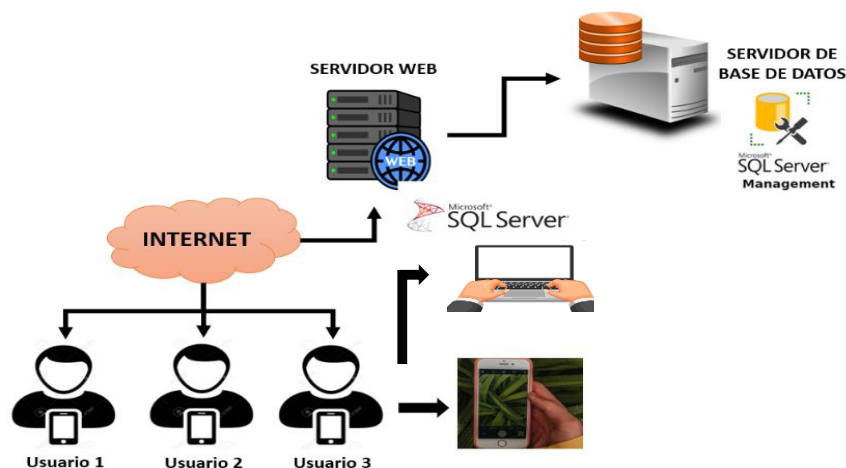


FIGURA 2 ARQUITECTURA DEL SISTEMA - FUENTE PROPIA

✓ **Especificación de Plataforma.**

La plataforma para el desarrollo de la actual tesis es Visual Studio ya que presenta las características adecuadas en el manejo de código y una rápida conexión con la base de datos permitiendo una comunicación de manera eficaz y eficiente.

Por otro lado, su interfaz de usuario comprende un conjunto de herramientas que facilita el desarrollo de sitios web y además aplicaciones.

✓ **Especificación detallada de la Arquitectura.**

- Servidor de base de datos = SQL Server Management
- Internet = Claro o Movistar.
- Servidor web = SQL server
- Usuario= Persona que hará uso del sistema experto, la cual ingresará al sistema a través de un equipo móvil o computador.

✓ **Diseño Detallado de la Aplicación**

En este apartado se muestran imágenes de toda la aplicación, sus funcionalidades y el como se programo cada interfaz con la que el usuario va a interactuar.

7. Iteración #7: Pruebas

En este modelo se desarrollarán las siguientes iteraciones:

✓ Pruebas de caja negra

En este apartado se realizaron pruebas de funcionalidad y validación donde se realizaron capturas para evidenciar los resultados obtenidos. Además, se realizó un cuadro para el análisis de las pruebas.

✓ Pruebas de caja blanca

En este apartado se realizaron pruebas de código la cual se realizaron capturas para evidenciar lo que se programó por cada funcionalidad. Además, se realizó un cuadro para el análisis de las pruebas.

En base a los objetivos de la investigación

1. Definir un algoritmo basado en reconocimiento de imágenes para la detección de plagas y enfermedades en la planta de arroz.

Para este objetivo se determinó trabajar con redes neuronales convolucionales (CNN), ya que es la más adecuada para el reconocimiento de imágenes. Posteriormente, el algoritmo se realizó en el lenguaje Python utilizando la herramienta Jupyter Notebook. Este algoritmo utilizó un set de 1596 imágenes. Primero, con cada imagen conseguida para el data sets se verificó que había distintos tamaños de estas, la cual se procedió a redimensionar cada una de las imágenes, además, se determinó una medida de 150 x 150 píxeles es decir altura y ancho, por otro lado, se mantuvo los tres colores con las que ingresaran a la función. Además, como cada una de las imágenes tenía píxeles con un rango que se ubicó entre 0 y 225, se procuró ajustar que cada una de las imágenes contenga píxeles cuyos valores se encuentren entre 0 y 1, esto con el propósito de optimizar el tiempo de procesamiento de cada imagen en el modelo propuesto. El modelo empezó declarándose con la clase Sequential, con el método add se agregaron las capas y se ajustó a lo que se está buscando. En la primera capa se aplicó un filtro de 64, con un tamaño de 3 x 3, además se consideró la función de activación relu y por último se redimensionaron las imágenes con un tamaño de 150 x 150, y se le adicionó la dimensión de los tres colores. Luego de recorrer el input (imagen de entrada), se aplicó otro recorrido como se muestra en la interpretación, se consideró la técnica de MaxPooling con el método MaxPooling2D, para este caso se le asignó la dimensión de 2 x 2, donde se extraerá las características principales de todo el recorrido. En la segunda capa se aplicó un filtro de 128, con un tamaño de 3 x 3, también se consideró la función

de activación relu y además se agregó un MaxPooling con una dimensión de 2 x 2. En la tercera capa se aplicó los mismos valores asignados en la segunda capa. A diferencia de la cuarta y quinta capa se aplicó un filtro de 256, con un tamaño de 3 x 3, también se incluyó la función de activación relu con un MaxPoolin de 2 x 2. Se procedió a incluir el método Flatten con la intención de “aplanar”. Se agrego dos capas dense con 128 y 64 neuronas y se incluye la función de activación relu, Además se consideró 10 clases y se incluyó la función de activación Softmax que permite determinar el % de aceptabilidad en la detección de cada clase.

```

Model = Sequential()

#creamos la primera capa
Model.add(Convolution2D(filtrosConv1, tamaño_filtro1, input_shape=(longitud,altura,3),activation='relu'))
Model.add(MaxPooling2D(pool_size=tamaño_pool))

#Creamos la segunda capa
Model.add(Convolution2D(filtrosConv2, tamaño_filtro2,activation='relu'))
Model.add(MaxPooling2D(pool_size=tamaño_pool))

#Creamos la tercera capa
Model.add(Convolution2D(filtrosConv3, tamaño_filtro3,activation='relu'))
Model.add(MaxPooling2D(pool_size=tamaño_pool))

#Creamos la cuarta capa
Model.add(Convolution2D(filtrosConv4, tamaño_filtro4,activation='relu')) #,kernel_regularizer=L2(lr)
Model.add(MaxPooling2D(pool_size=tamaño_pool))

#Creamos la quinta capa
Model.add(Convolution2D(filtrosConv5, tamaño_filtro5,activation='relu')) #kernel_regularizer=L2(lr)
Model.add(MaxPooling2D(pool_size=tamaño_pool))

#Una vez creada empezamos con la clasificacion
Model.add(Flatten())
Model.add(Dense(128, activation='relu'))
Model.add(Dense(64, activation='relu'))
Model.add(Dropout(0.5))

Model.add(Dense(clases,activation='softmax')) #permite determinar el % de acertabilidad en la deteccion de cada clase

#compilamos la red neuronal
Model.compile(optimizer = 'Adam', loss='categorical_crossentropy', metrics=['accuracy'])

```

FIGURA 3 MODELO DE CNN - FUENTE PROPIA

Luego de la ejecución del modelo que se mostró en la Figura 3, se obtuvo un porcentaje del 97% de precisión en la época 25, mientras que en la data de validación se obtuvo una precisión del 90% en la época 25. Esto indica que nuestro modelo está teniendo un aprendizaje óptimo y está listo para ser usado para en la identificación de la plaga o enfermedad que padece la planta de arroz.

```

acy: 0.8966
Epoch 25/25
1000/1000 [=====] - 768s 768ms/step - loss: 0.0729 - accuracy: 0.9770 - val_loss: 0.4623 - val_accu
acy: 0.9052

```

Out[17]: <tensorflow.python.keras.callbacks.History at 0x1c318cfcdf0>

FIGURA 4 RESULTADO DE ENTRENAMIENTO - FUENTE PROPIA

2. Crear la aplicación web para el cálculo de la dosificación de agroquímicos en plagas y enfermedades de la planta de arroz.

El cumplimiento de este objetivo se demuestra con el desarrollo de la aplicación web, la cual permitirá al agricultor tomar una foto a la hoja de la planta de arroz para su diagnóstico: enfermedad o plaga está padeciendo. Luego, el sistema le mostrará una lista de agroquímicos con el fin de que el agricultor selecciona el que más le conviene, además de ello llenará los datos solicitados por el sistema para que proceda a realizar el cálculo de la dosis aplicar de dicho agroquímico de acuerdo a los datos ingresados, también el sistema le mostrará la cantidad de agua que debe usar, además de información sobre la plaga o enfermedad y agroquímico. De esta manera el agricultor no se excederá en el uso de agroquímicos y dará un mejor uso a sus productos. Por otro lado, el agricultor podrá observar un historial de todas las consultas que ha realizado durante su proceso de siembra, la cual también le permitirá hacer un registro de si aplicó en su momento o no el producto. Para el desarrollo del sistema se hizo uso de HTML, JavaScript, CSS, .net.

3. Establecer reglas para determinar el nivel de gravedad de las plagas y enfermedades.

Para este objetivo se crearon 36 reglas con ayuda del experto que se usarán de base para el desarrollo del sistema experto. Se inició el armado de las reglas en base a los síntomas para determinar el nivel de gravedad de la planta con plaga o enfermedad, cada una de

```

If plaga = 1 Or plaga = 2 Or plaga = 3 Then
  If sintoma = "mancha marron" Then
    regla = "RIESGO: LEVE"
  ElseIf sintoma = "mancha gris" Or sintoma = "mancha blanca" Then
    regla = "RIESGO: MODERADO"
  ElseIf sintoma = "mancha romboide" Or sintoma = "mancha marron rojizo" Or sintoma = "hoja quemada" Then
    regla = "RIESGO: ALTO"
  End If
If planta < 11 Then
  regla = regla & vbNewLine & "RIESGO DE PARCELA: LEVE"
ElseIf planta > 10 And planta < 31 Then
  regla = regla & vbNewLine & "RIESGO DE PARCELA: MODERADO"
ElseIf planta > 30 Then
  regla = regla & vbNewLine & "RIESGO DE PARCELA: ALTO"
End If
End If

```

las reglas se fue formulando en un documento Excel para poder tener la información más ordenada y definida tanto para el experto como para el investigador. Posteriormente, cada una de las reglas se plasmaron en lenguaje .net, la cual fue revisada por el docente con conocimientos sobre el tema para luego ser ejecutado y la respuesta del sistema sea la correcta.

```

If plaga = 4 Or plaga = 5 Or plaga = 6 Then
  If sintoma = "bolas amarillas" Then
    regla = "RIESGO: LEVE"
  ElseIf sintoma = "bolas anaranjadas" Or sintoma = "bolas verde amarillento" Then
    regla = "RIESGO: MODERADO"
  ElseIf sintoma = "bolas secas" Or sintoma = "bolas color negro" Then
    regla = "RIESGO: ALTO"
  End If
  If planta < 11 Then
    regla = regla & vbNewLine & "RIESGO DE PARCELA: LEVE"
  ElseIf planta > 10 And planta < 31 Then
    regla = regla & vbNewLine & "RIESGO DE PARCELA: MODERADO"
  ElseIf planta > 30 Then
    regla = regla & vbNewLine & "RIESGO DE PARCELA: ALTO"
  End If
End If

If plaga = 7 Or plaga = 8 Or plaga = 9 Then
  If sintoma = "hoja sin desenrollar" Then
    regla = "RIESGO: LEVE"
  ElseIf sintoma = "mina en la hoja" Or sintoma = "larva blanca cremosa" Then
    regla = "RIESGO: MODERADO"
  ElseIf sintoma = "hoja rayada" Or sintoma = "hoja quebrada" Or sintoma = "hoja raspada" Or sintoma = "hoja doblada" Or sintoma = "hoja blanca" Then
    regla = "RIESGO: ALTO"
  End If
  If planta < 11 Then
    regla = regla & vbNewLine & "RIESGO DE PARCELA: LEVE"
  ElseIf planta > 10 And planta < 31 Then
    regla = regla & vbNewLine & "RIESGO DE PARCELA: MODERADO"
  ElseIf planta > 30 Then
    regla = regla & vbNewLine & "RIESGO DE PARCELA: ALTO"
  End If
End If

If plaga = 10 Or plaga = 11 Or plaga = 12 Then
  If sintoma = "hoja verde limon" Or sintoma = "hoja amarilla" Then
    regla = "RIESGO: LEVE"
  ElseIf sintoma = "hoja picada" Or sintoma = "hoja chocolate" Then
    regla = "RIESGO: MODERADO"
  ElseIf sintoma = "mancha negra" Or sintoma = "virus hoja blanca" Or sintoma = "planta seca" Then
    regla = "RIESGO: ALTO"
  End If
  If planta < 11 Then
    regla = regla & vbNewLine & "RIESGO DE PARCELA: LEVE"
  ElseIf planta > 10 And planta < 31 Then
    regla = regla & vbNewLine & "RIESGO DE PARCELA: MODERADO"
  ElseIf planta > 30 Then
    regla = regla & vbNewLine & "RIESGO DE PARCELA: ALTO"
  End If
End If

```

FIGURA 5 REGLAS DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

4. Obtener una validación de funcionalidad correcta del sistema experto a través del usuario.

Para este objetivo se aplicaron encuestas a 37 agricultores (ver anexo 5). Para la primera pregunta nos menciona que el 94,6% de los agricultores está totalmente de acuerdo con la identificación de plagas y enfermedades. Sin embargo, el 5,4% de los agricultores está de acuerdo con la identificación de plagas y enfermedades.

¿Considera que el sistema propuesto permite identificar las plagas y enfermedades de la planta de arroz?

37 respuestas

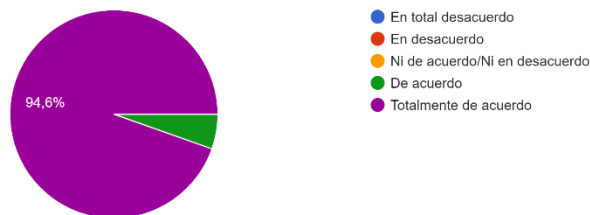


FIGURA 6 PREGUNTA 1 - USUARIO FINAL

Para la segunda pregunta nos menciona que el 94.6% de los agricultores está totalmente de acuerdo con el sistema ya que facilita el cálculo de agroquímicos. Sin embargo, el 5.4% de los agricultores está de acuerdo con el sistema.

¿Considera que el sistema propuesto facilita el cálculo de la dosificación de agroquímicos?

37 respuestas

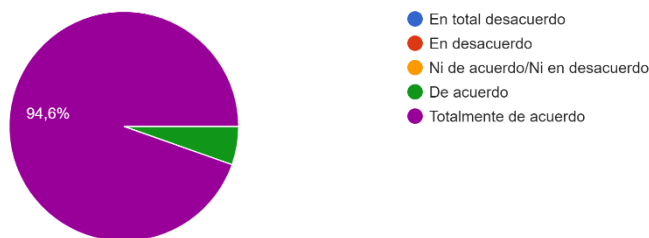


FIGURA 7 PREGUNTA 2 - USUARIO FINAL

Para la tercera pregunta nos menciona que el 97.3% de los agricultores está totalmente de acuerdo con el sistema ya que realiza un cálculo preciso de dosificación. Sin embargo, el 2.7% de los agricultores está de acuerdo con el sistema.

¿Considera que el sistema propuesto realiza un cálculo de dosis de agroquímicos más precisa?

37 respuestas



FIGURA 8 PREGUNTA 3 - USUARIO FINAL

Para la cuarta pregunta nos menciona que el 94,6% de los agricultores está totalmente de acuerdo con el sistema ya que hace un registro de las consultas realizadas. Sin embargo, el 5,4% de los agricultores está de acuerdo con el sistema.

¿El sistema propuesto brinda un registro de todas las consultas realizadas?
37 respuestas

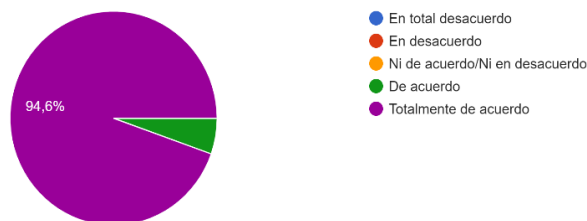


FIGURA 9 PREGUNTA 4 - USUARIO FINAL

Para la quinta pregunta nos menciona que el 94,6% de los agricultores está totalmente de acuerdo con el sistema ya que servirá de apoyo en el sector agrícola. Sin embargo, el 5,4% de los agricultores está de acuerdo con el sistema.

¿El sistema propuesto es de apoyo para el sector agrícola?
37 respuestas

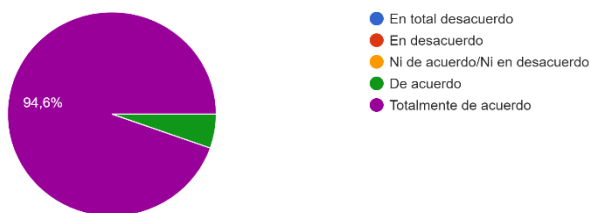


FIGURA 10 PREGUNTA 5 - USUARIO FINAL

Para la sexta pregunta nos menciona que el 97,3% de los agricultores está totalmente de acuerdo con el sistema por la facilidad de manejo que brinda. Sin embargo, el 2,7% de los agricultores está de acuerdo con la facilidad de manejo del sistema.

¿Considera usted que el sistema propuesto es fácil de manejar?
37 respuestas

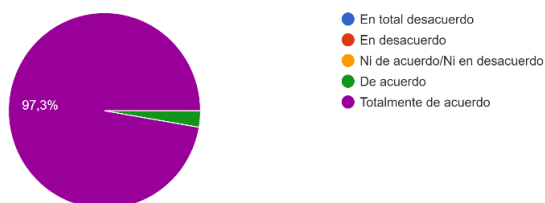


FIGURA 11 PREGUNTA 6 - USUARIO FINAL

Para la séptima pregunta nos menciona que el 94,6% de los agricultores está totalmente de acuerdo con el sistema ya que brinda información importante. Sin embargo, el 5,4% de los agricultores está de acuerdo con la información que el sistema muestra.

¿Considera útil la información mostrada por el sistema experto?
37 respuestas

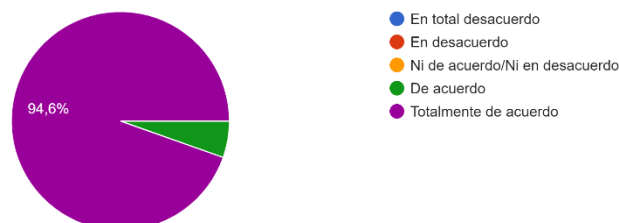


FIGURA 12 PREGUNTA 7 - USUARIO FINAL

Para la octava pregunta nos menciona que el 97,3% de los agricultores está totalmente de acuerdo con el sistema ya que será de apoyo para otros agricultores. Sin embargo, el 2,7% de los agricultores está de acuerdo con el apoyo del sistema propuesto.

¿Recomendaría el sistema como apoyo a otros agricultores?
37 respuestas

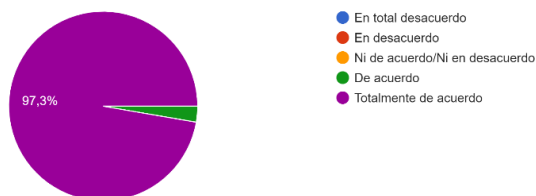


FIGURA 13 PREGUNTA 8 - USUARIO FINAL

5. Validar la dosificación correcta de agroquímicos en plagas y enfermedades en la planta de arroz a través del experto.

Para este objetivo se aplicó una encuesta al ingeniero agrónomo Nicolay Sánchez García quien brindó la información necesaria en todo el proceso de investigación. Se obtuvo como resultado un porcentaje del 100% en la aceptación del sistema desarrollado. Esta encuesta se visualiza en el (ver anexo 6). Además, se realizaron 5 pruebas de dosificación de las cuales fueron satisfactorias, estas se evidencian en el apartado de resultados en base a la metodología, en la Iteración #7: Prueba, donde se logró verificar que los resultados estén acordes con los datos ingresados.

DISCUSIÓN

En la presente investigación se realizó un sistema experto para calcular la dosificación de agroquímicos en plagas y enfermedades identificadas en la planta de arroz en el distrito de Pimentel, esto debido a que la dosificación para la aplicación de agroquímicos se realiza en base a la experiencia del agricultor. Según Álvarez, Juan et al [7], manifiesta la necesidad de un sistema experto para ayudar al cálculo de la necesidad de agroquímicos en el cultivo de banano basada en la metodología orientada a objetos y haciendo uso del método encadenamiento hacia atrás y reglas; mientras que los autores Bazán y Herrera [8], comentan que los agricultores manejan las actividades agrícolas de manera tradicional; como es el control y monitoreo de plagas, enfermedades y malezas. En esta investigación para el desarrollo del sistema se utilizó la metodología Methontology y se utilizó 3 lenguajes OWL (Lenguaje ontológico para la web), XML Y RDF. Para la creación del sistema experto, Yaya y Ángulo [9] utilizaron SWI – Prolog, para la construcción de la base de hechos, además por su técnica de recolección de datos como las entrevistas con el experto y agricultores, por lo que resulta de gran beneficio a esta investigación en realizar las diversas técnicas de extracción de información con la finalidad de recopilar toda la información necesaria para su investigación.

Conclusiones

1. Se concluye que para el entrenamiento de las imágenes en el algoritmo de redes neuronales desarrollado para esta investigación se debe trabajar con cinco capas de convolución y cinco filtros de Max Pooling, esto ayuda a obtener un mejor reconocimiento de imagen de la plaga o enfermedad que se desea identificar.
2. Para llevar a cabo la implementación del sistema experto para el cálculo de la dosificación de agroquímico en plagas y enfermedades de la planta de arroz permite que los agricultores de la zona de Pimentel no excederse en el uso de productos químicos y la dosis que aplicaran a la parcela de plantas de arroz sea la adecuada. De esta manera, tendrán una mejor precisión de uso de agroquímicos y cuidado de su parcela.
3. Con los síntomas obtenidos, se formularon un total de 36 reglas, esto ayuda al sistema experto a determinar el nivel de gravedad (LEVE, MODERADO, RIESGOSO) de la plaga o enfermedad que la planta padece y de esta manera poder mostrar los resultados correctos de cada regla establecida.
4. Se realizó un cuestionario para 37 agricultores independientes de la zona de Pimentel, el cual se obtuvo una validación positiva del sistema experto por parte de los usuarios.
5. Finalmente, se realizaron 5 pruebas de funcionalidad junto al experto humano, los resultados obtenidos fueron positivos teniendo un porcentaje aceptación de 100% por parte del ingeniero agrónomo (experto). Además, se realizó una encuesta para validar la dosificación de agroquímicos por parte del experto.

Recomendaciones

1. Para uso del sistema experto se recomienda utilizar un dispositivo que disponga de cámara con resolución de 150 píxeles como mínimo. Esto se debe a que si la calidad de la imagen es de menor píxeles a lo recomendado puede surgir error en cuanto al porcentaje de precisión del reconocimiento.
2. Se recomienda que la imagen subida para el reconocimiento sea sola la hoja de la planta de arroz, además el fondo debe ser de color blanco para un mejor reconocimiento de la imagen subida.
3. Para el cálculo de la dosificación es recomendable llenar todos los datos solicitados para un mejor resultado.
4. En cuanto a los registros guardados por cada consulta realizada, se recomienda cambiar el estado de la aplicación para un mejor seguimiento de la aplicación de agroquímicos. De esta manera, evita volver a realizar una nueva consulta.

Referencias

- [1] A. Orús, «statista,» Julio 2020. [En línea]. Available: <https://es.statista.com/estadisticas/598940/principales-paises-a-nivel-mundial-segun-el-consumo-de-arroz/>.
- [2] J. C. LEÓN CARRASCO, «agraria,» 01 Julio 2020. [En línea]. Available: <https://agraria.pe/noticias/peru-se-ubica-entre-los-tres-primeros-paises-con-mayores-ren-21883>.
- [3] INTAGRI, «Cálculo de la Dosificación de un Plaguicida,» *Artículos Técnicos de INTAGRI*, n° 75, p. 4, 2017.
- [4] L. A. Quintero-Domínguez, L. R. Ríos Rodríguez, D. Quintana Sánchez y B. Y. León Ávila, «Sistema Experto para el diagnóstico presuntivo de enfermedades,» *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, vol. 13, n° 1, pp. 61-75, 2018.
- [5] C. García Gutiérrez y G. D. Rodríguez Meza, «PROBLEMÁTICA Y RIESGO AMBIENTAL POR EL USO DE PLAGUICIDAS EN SINALOA,» *Ra Ximhai*, vol. 8, n° 3b, pp. 1-10, 2012.
- [6] B. CASTILLO, J. O. RUIZ, M. A. MANRIQUE y C. POZO, «Contaminación por plaguicidas agrícolas en los campos de cultivos en Cañete (Perú),» *Revista ESPACIOS*, vol. 41, n° 10, p. 11, 2020.
- [7] J. E. ALVAREZ, J. E. GIL, H. O. SARMIENTO y D. CASTAÑEDA, «Desarrollo de un Sistema Experto Para Asistir el Cálculo de las Necesidades de Fertilización de un Cultivo de Banano,» pp. 1-6, 2009.
- [8] G. Y. BAZÁN JIMÉNEZ y G. S. HERRERA SÁNCHEZ , «CREACIÓN DE UN MODELO ONTOLÓGICO PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE LOS CULTIVOS DE ARROZ, CAFÉ Y CACAO,» pp. 1-159, 2019.
- [9] J. E. R. Yaya Lévano y E. D. Angulo Altamirano, «Diseño e implementación de un sistema experto para optimizar el control de plagas y enfermedades en el cultivo de la uva,» *Revista de Investigación Científica*, vol. 3, n° 1, pp. 1-14, 2020.
- [10] «Reclu IT,» 20 Enero 2020. [En línea]. Available: <https://recluit.com/que-son-los-sistemas-expertos/>.

- [11] «sistemasexpertos9,» 2012. [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/sistemasexpertos9/home/arquitectura-basica-de-los-s-e>.
- [12] Wai O,ChoTse, «SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE PATRONES VISUALES BASADO EN TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES Y REDES NEURONALES,» *Revista Electrónica de Estudios Telemáticos*, vol. 3, nº 2, 2004.
- [13] SERVISOFTCORP, «servisoftcorp,» 2010. [En línea]. Available: <https://servisoftcorp.com/definicion-y-como-funcionan-las-aplicaciones-moviles/>.
- [14] SERVISOFTCORP, «servisoftcorp,» 2010. [En línea]. Available: <https://servisoftcorp.com/definicion-y-como-funcionan-las-aplicaciones-moviles/>.
- [15] TIPSE, «TIPSE,» 2021. [En línea]. Available: <https://tipse.com.pe/tipos-aplicaciones-moviles/>.
- [16] J. S. Falconí Palomino, «Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades en el Cultivo de Kiwicha,» 2013.
- [17] Senasa, «Senasa,» 15 Marzo 2017. [En línea]. Available: <https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/senasa-alerta-ante-posible-presencia-de-plagas-del-arroz-por-lluvias/>.
- [18] G. Malaguti, «INVESTIGACIONES SOBRE LA PATOGÉNESIS DEL CARBÓN DEL MAÍZ, DEL CARBÓN DEL SORGO Y DEL CARBÓN DEL ARROZ,» *Agronomía Tropical*, vol. 53, nº 4, 2023.
- [19] U. d. Valencia, «UV,» 10 Diciembre 2015. [En línea]. Available: <https://www.uv.es/uvweb/master-quimica/es/blog/agroquimicos-mas-utilizados-1285949128883/GasetaRecerca.html?id=1285953068917>.
- [20] F. D. LLANGARÍ SILVA, «ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PRODUCTIVIDAD DE METODOLOGIAS COMMONKADS VS BUCHANAN PARA EL DESARROLLO DE UN SISTEMA EXPERTO DE GESTIÓN DE CULTIVOS PARA LA JURECH,» 2016.
- [21] L. F. Giraldo Jaramillo y D. M. Montoya Quintero, «APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA COMMONKADS EN LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO,» *Revista CEA*, vol. 1, nº 2, pp. 99-108, 2015.

Anexos**ANEXO N° 01. CONSTANCIA DE APROBACIÓN DEL PRODUCTO
ACREDITABLE DE LA ENTIDAD DONDE SE EJECUTÓ LA TESIS****CONSTANCIA DE APROBACION DEL PRODUCTO ACREDITABLE**

Por medio de la presente certifico la aprobación de la aplicación web presentada por la estudiante **Samillan Zapata Monica Stefany** identificado con el **DNI 75093109**, de la escuela **INGENIERIA DE SISTEMAS Y COMPUTACION DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO DE CHICLAYO**, como producto acreditable de su trabajo de investigación de fin de grado, cumpliendo los requisitos establecidos propuestos en el proyecto final.

Se expide la presente constancia a petición del interesado para los fines que crea correctamente.



Segundo Alberto Samillan Bances
Agricultor

**ANEXO N° 02. CONSTANCIA DE APROBACIÓN DEL PRODUCTO
ACREDITABLE POR PARTE DEL EXPERTO EN CONOCIMIENTO**

CONSTANCIA DE APROBACION DEL PRODUCTO ACREDITABLE

Por medio de la presente certifico la aprobación de la aplicación web presentada por la estudiante **Samillan Zapata Monica Stefany** identificado con el **DNI 75093109**, de la escuela **INGENIERIA DE SISTEMAS Y COMPUTACION DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO DE CHICLAYO**, como producto acreditable de su trabajo de investigación de fin de grado, cumpliendo los requisitos establecidos propuestos en el proyecto final.

Se expide la presente constancia a petición del interesado para los fines que crea correctamente.


SILSAGRO S.A.C.

Ing. Nicolay Sánchez García
GERENTE GENERAL

Nicolay Sánchez García
Ingeniero agrónomo

ANEXO N° 03. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**ENCUESTA REALIZADA A LOS AGRICULTORES PARA EL DISTRITO DE PIMENTEL**

1. En los últimos 5 años ¿Cuántas veces ha sembrado arroz?
 - 1 vez
 - 2 vez
 - 3 vez
 - más 3
2. ¿Usted cuenta con un celular Smartphone con sistema operativo Android?
 - Sí
 - No
3. ¿Cómo selecciona usted los agroquímicos a utilizar?
 - Criterio propio
 - Recurre a algún experto
4. ¿Cuántas veces como mínimo ha aplicado un agroquímico en su planta de arroz?
 - 3 veces
 - 4 veces
 - 5 veces
 - Otro:
5. ¿El cultivo ha sufrido algún tipo de daño por la utilización de agroquímicos para plagas y enfermedades?
 - Si
 - No
6. ¿De qué forma calcula la dosificación de agroquímico para plagas y enfermedades en la planta de arroz?
 - Experiencia
 - Método tecnológico
 - consulta a algún experto
 - otro:
7. Si la respuesta de la pregunta 5 fue: "Experiencia" o "Método tecnológico" indique, ¿ha existido algún daño en su cultivo por los agroquímicos?
 - Sí
 - No
8. Si la respuesta de la pregunta 5 fue: "consulta a algún experto" indique, ¿Cuánto es el costo promedio de la consulta al experto sobre el uso correcto de agroquímicos?
 - 70
 - 90
 - 120
9. ¿Usted tiene algún conocimiento acerca de los agroquímicos que aplica a sus cultivos de arroz?
 - Bajo
 - Básico
 - Intermedio
 - Avanzado
10. ¿La creación de una aplicación móvil sería útil para usted en cuanto a la dosificación de agroquímicos para plagas y enfermedades?
 - Si
 - No
 - Tal vez

ANEXO N° 04. RESPUESTA DE LAS ENCUESTAS

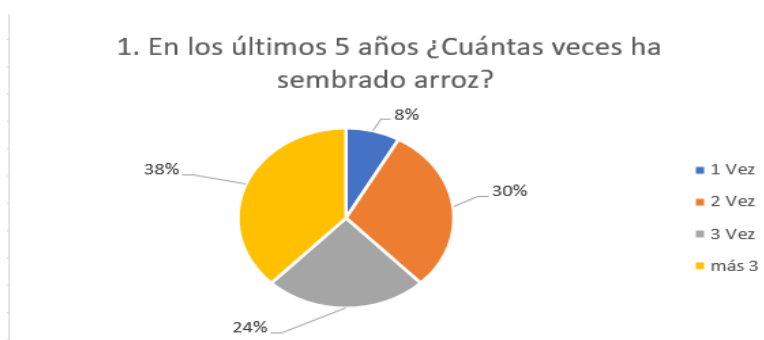


FIGURA 14 RESPUESTA 1, ENCUESTA ANEXO 3

2. ¿Usted cuenta con un celular Smartphone con sistema operativo Android?

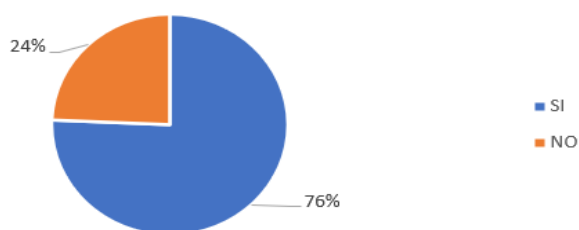


FIGURA 15 RESPUESTA 2, ENCUESTA ANEXO 3

3. ¿Cómo selecciona usted los agroquímicos a utilizar?

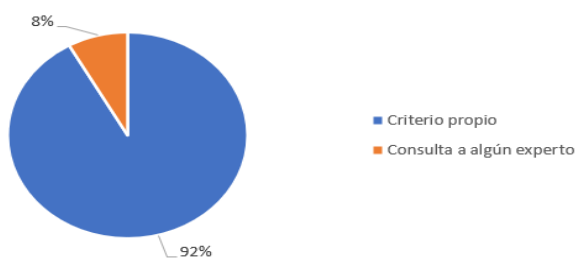


FIGURA 16 RESPUESTA 3, ENCUESTA ANEXO 3

4. ¿Cuántas veces como mínimo ha aplicado un agroquímico en su planta de arroz?

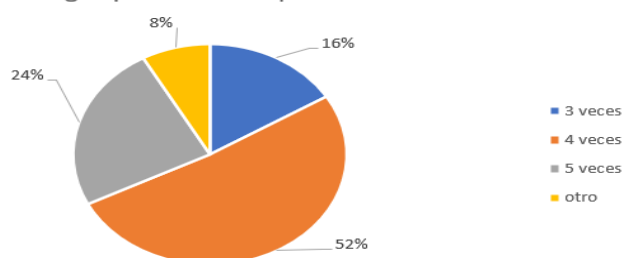


FIGURA 17 RESPUESTA 4, ENCUESTA ANEXO 3

5. ¿El cultivo ha sufrido algún tipo de daño por la utilización de agroquímicos para plagas y enfermedades?

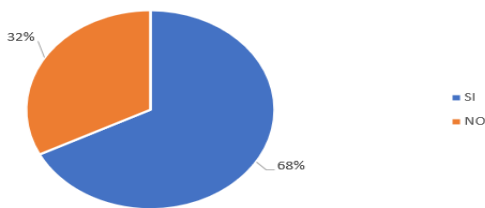


FIGURA 18 RESPUESTA 5, ENCUESTA ANEXO 3

6. ¿De qué forma calcula la dosificación de agroquímico para plagas y enfermedades en la planta de arroz?

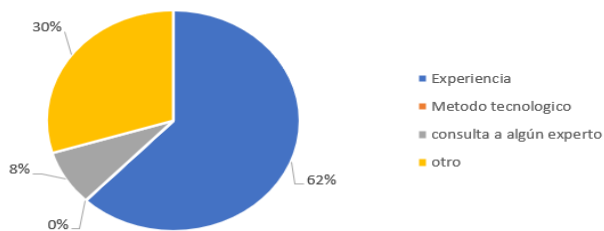


FIGURA 19 RESPUESTA 6, ENCUESTA ANEXO 3

7. Si la respuesta de la pregunta 5 fue: "Experiencia" o "Método tecnológico" indique, ¿ha existido algún daño en su cultivo por los agroquímicos?

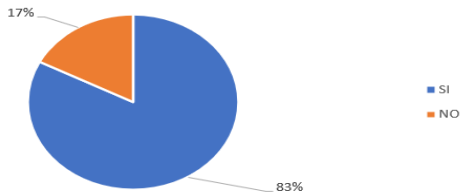


FIGURA 20 RESPUESTA 7, ENCUESTA ANEXO 3

8. Si la respuesta de la pregunta 5 fue: "consulta a algún experto" indique, ¿Cuánto es el costo promedio de la consulta al experto sobre el uso correcto de agroquímicos?

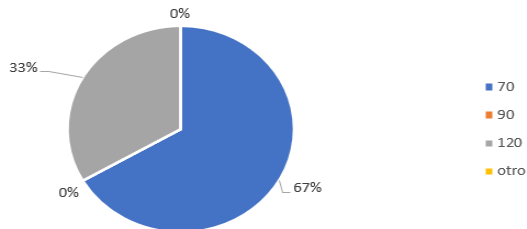


FIGURA 21 RESPUESTA 8, ENCUESTA ANEXO 3

9. ¿Usted tiene algún conocimiento acerca de los agroquímicos que aplica a sus cultivos de arroz?

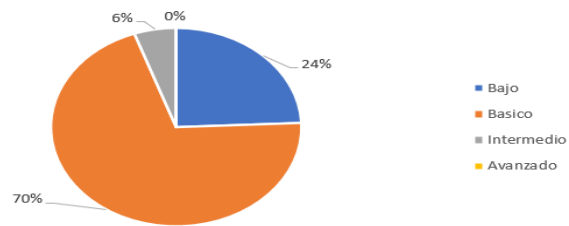


FIGURA 22 RESPUESTA 9, ENCUESTA ANEXO 3

10. ¿La creación de una aplicación móvil sería útil para usted en cuanto a la dosificación de agroquímicos para plagas y enfermedades?

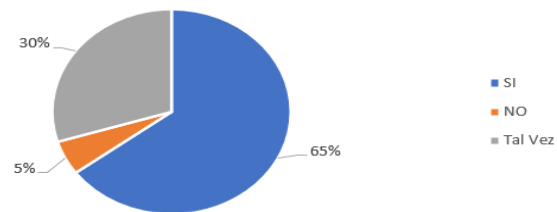


FIGURA 23 RESPUESTA 10, ENCUESTA ANEXO 3

ANEXO N° 05. CUESTIONARIO A AGRICULTORES

ENCUESTA PARA USUARIO FINAL

1. Objetivo: Obtener una validación de funcionalidad correcta del sistema experto a través del usuario
2. Participantes: Agricultores.
3. Instrucciones: Lea cada pregunta formulada y marque con "X" la alternativa que usted considere correcta.

TD	D	NAD	A	TA
En total desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo/Ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

¿Considera que el sistema propuesto permite identificar las plagas y enfermedades de la planta de arroz?

TD (X) D () NAD () A () TA ()

¿El sistema propuesto es de apoyo para el sector agrícola?

TD (X) D () NAD () A () TA ()

¿Considera que el sistema propuesto facilita el cálculo de la dosificación de agroquímicos?

TD (X) D () NAD () A () TA ()

¿Considera que el sistema propuesto realiza un cálculo de dosis de agroquímicos más precisa?

TD (X) D () NAD () A () TA ()

¿El sistema propuesto brinda un registro de todas las consultas realizadas?

TD (X) D () NAD () A () TA ()

¿Considera usted que el sistema propuesto es fácil de manejar?

TD (X) D () NAD () A () TA ()

¿Considera útil la información mostrada por el sistema experto?

TD (X) D () NAD () A () TA ()

¿Recomendaría el sistema como apoyo a otros agricultores?

TD (X) D () NAD () A () TA ()

ANEXO N° 06. CUESTIONARIO A EXPERTO HUMANO**ENCUESTA A EXPERTO HUMANO**

1. Objetivo: Validar la dosificación correcta de agroquímicos en plagas y enfermedades en la planta de arroz a través del experto
2. Participantes: Experto humano (ing. Agrónomo).
3. Instrucciones: Lea cada pregunta formulada y marque con "X" la alternativa que usted considere correcta.

TD	D	NAD	A	TA
En total desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo/Ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

¿Los diagnósticos identificados por el sistema son correctos?

TD () D () NAD () A () TA (X)

¿El sistema muestra los agroquímicos correspondientes de acuerdo a la plaga o enfermedad detectada?

TD () D () NAD () A () TA (X)

¿Considera que la plaga o enfermedad detectada por el sistema son adecuados para lograr una dosificación de agroquímicos?

TD () D () NAD () A () TA (X)

¿El sistema realiza el cálculo correcto de agroquímicos de acuerdo a la medida de la parcela ingresada?

TD () D () NAD () A () TA (X)

¿Considera que el nivel de daño que padece la planta de arroz según los resultados, es la correcta?

TD () D () NAD () A () TA (X)

¿Para usted el sistema es de fácil iteración?

TD () D () NAD () A () TA (X)

¿Considera útil la información mostrada por el sistema experto?

TD () D () NAD () A () TA (X)

¿Recomendaría el sistema como apoyo a otros agrónomos?

TD () D () NAD () A () TA (X)

SILSAGRO S.A.C.

 Ing. Nicolay Sánchez García
 GERENTE GENERAL

ANEXO N° 07. MANUAL DE USUARIO



¡AGROPLANT!

**MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA
EXPERTO PARA EL CALCULO DE LA
DOSIFICACION DE AGROQUIMICOS**

Desarrollado por Monica Samillan Zapata.

1. REGISTRO DE USUARIO

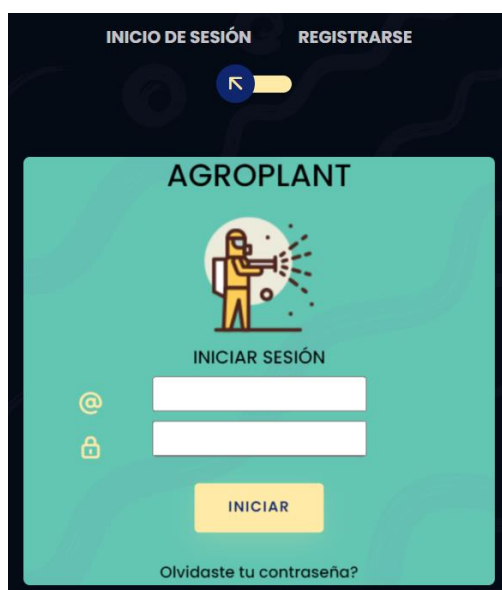
Para acceder al sistema el USUARIO debe registrarse ingresando los datos solicitados: Nombre completo, el usuario y contraseña luego debe confirmar para que proceda con el registro.



The screenshot shows the registration interface. At the top, there are two tabs: "INICIO DE SESIÓN" and "REGISTRARSE", with a toggle switch currently set to "REGISTRARSE". Below the tabs, the word "REGISTRARSE" is displayed in bold. There are three input fields: "Ingresa tu nombre completo" (with a person icon), "Ingresa tu usuario" (with an @ icon), and "Ingresa tu contraseña" (with a lock icon). A yellow "CONFIRMAR" button is located at the bottom of the form.

2. INICIO DE SESIÓN

En esta interfaz el usuario debe ingresar el usuario y contraseña para el ingreso al sistema.

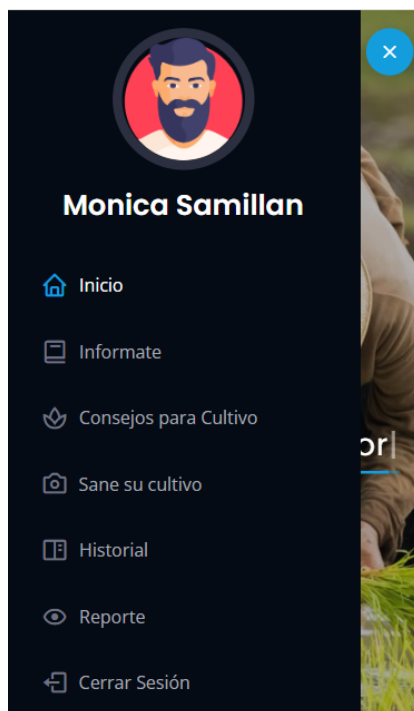


The screenshot shows the login interface. At the top, there are two tabs: "INICIO DE SESIÓN" and "REGISTRARSE", with a toggle switch currently set to "INICIO DE SESIÓN". Below the tabs, the word "AGROPLANT" is displayed in bold. There is an illustration of a person using a tool. Below the illustration, the text "INICIAR SESIÓN" is displayed. There are two input fields: one for the email address (with an @ icon) and one for the password (with a lock icon). A yellow "INICIAR" button is located at the bottom of the form. At the very bottom, there is a link that says "Olvidaste tu contraseña?".



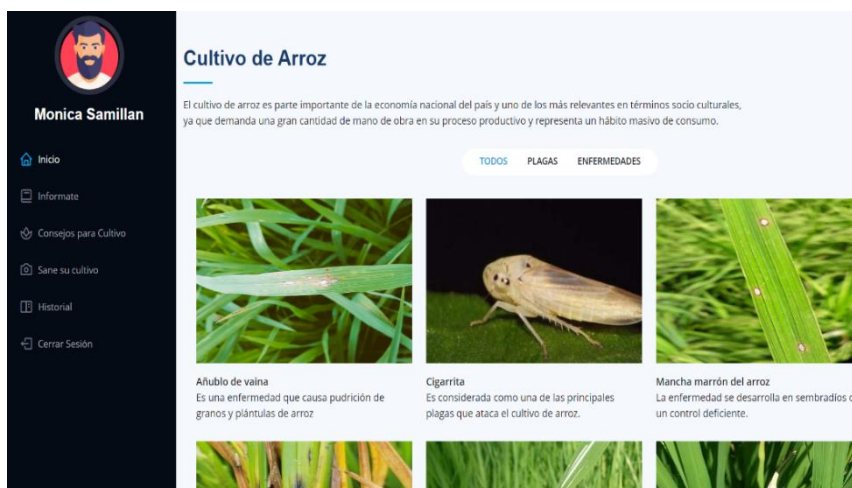
3. MENU

En esta interfaz cuando el usuario ingrese se le mostrará un menú donde él podrá seleccionar lo que desea visualizar.



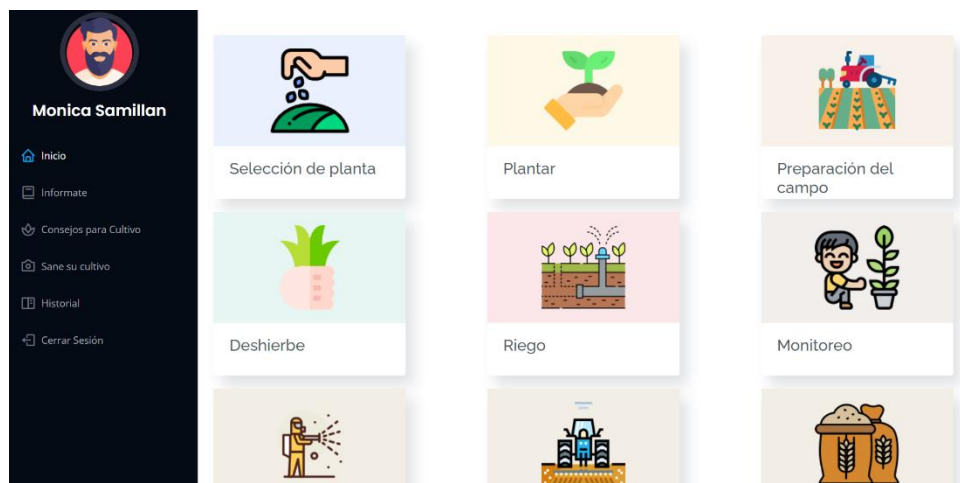
4. ITEM INFORMATE

En esta interfaz se le mostrará al usuario información sobre plagas y enfermedades que se pueden presentar en un cultivo de arroz



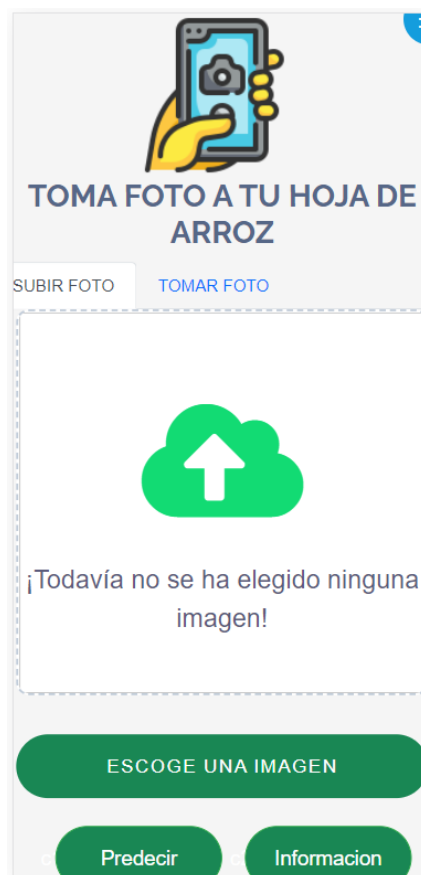
5. ITEM DE CONSEJOS DE CULTIVO

En la siguiente interfaz se muestran consejos para que el usuario pueda tener en cuenta el proceso de inicio a fin para el cultivo de arroz.

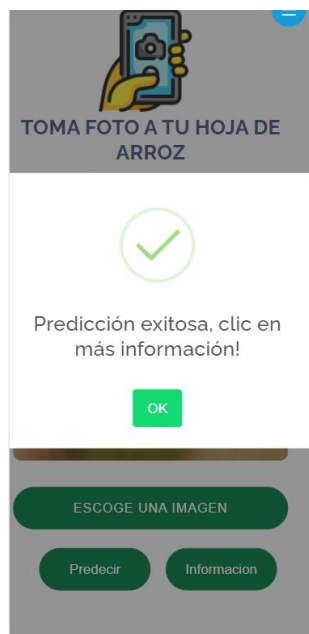


6. ITEM DE SANE SU CULTIVO

En este apartado el sistema solicitará al usuario que suba una imagen de la hoja de arroz o también la opción de tomar una foto



Luego de que el usuario subió o tomó la foto de la hoja de arroz debe dar clic al botón predecir, luego el sistema le mostrará un mensaje que la predicción fue exitosa, después de ello el usuario deberá dar clic al botón información para poder ver el diagnóstico que el sistema detecto.



En este apartado se muestra el resultado obtenido que determina la enfermedad o plaga que padece la hoja de arroz, además se muestran agroquímicos que se recomienda para la aplicación, la cual el usuario debe seleccionar un agroquímico de la lista para realizar el cálculo de la dosis.




INFORMACION DE DIAGNOSTICO



Nombre: Añublo de vaina

Descripción: El añublo del arroz afecta todas las partes de la planta que se encuentran por encima del suelo: las hojas, el cuello, el nudo, partes de la panícula y, a veces, la lamina de las vainas de las hojas. Las hojas presentan manchas cloróticas de color amarillo a verde claro en forma de husillo o elípticas.

Agroquímico:

Nombre: Bumper Top	Nombre: MAMBA 250 EC
Contenido Neto: 1Litro	Contenido Neto: 1Litro

[Regresar](#)




7. CALCULO DE DOSIS DE AGROQUÍMICO

En este apartado el usuario deberá ingresar los datos solicitados. En caso de tener parcela registrada deberá seleccionar el icono de buscar para seleccionar la parcela, si fuera el caso de no tener parcelas registradas podrá llenar el campo y se registrará, además debe ingresar el número de plantas infectadas, el nombre de agroquímico aparecerá por defecto por la selección realizada en el apartado anterior, debe ingresar el tamaño de su parcela y seleccionar si es metros cuadrados o hectárea, también debe seleccionar el método de aplicación si es a cilindro o dron. Luego de llenar cada dato solicitado el usuario debe dar clic al botón calcular para que le arroje el resultado correspondiente.



DATOS DE DOSIFICACIÓN

Nombre parcela: 

Porcentaje de plantas infectadas: %

Nombre agroquímico:

Tamaño de la parcela: --

Método de aplicación:

Regresar

Calcular

Listado de Parcela 

N°	Nombre	Medida	Unidad medida	Agregar
1	PARCELA A	2000	Metro(s) cuadrado	<input type="button" value="Añadir"/>
2	PARCELA C	5000	Metro(s) cuadrado	<input type="button" value="Añadir"/>
3	PARCELA D	3000	Metro(s) cuadrado	<input type="button" value="Añadir"/>
4	PARCELA E	50000	Metro(s) cuadrado	<input type="button" value="Añadir"/>
5	PARCELA F	1	Hectárea(s)	<input type="button" value="Añadir"/>
6	PARCELA G	50000	Metro(s) cuadrado	<input type="button" value="Añadir"/>
7	PARCELA H	2000	Metro(s) cuadrado	<input type="button" value="Añadir"/>

Close

8. RESULTADO

En esta interfaz se muestran los resultados del cálculo de la dosificación.



RESULTADOS DE MANEJO INTEGRAL DE LA PLANTA

FECHA: 30/11/2022 0:00:00

DIAGNOSTICO: Mosquilla de arroz

NIVEL DE DAÑO: SU HOJA DE ARROZ PRESENTA UN RIESGO: MODERADO Y SU PARCELA PRESENTA UN RIESGO: LEVE

AGROQUIMICO: TROPA SC

DESCRIPCION: Es un insecticida formulado en suspensión concentrada que contiene dos ingredientes activos que pertenecen a la familia de las Fenilpirazoles y de Benzoyl ureas. Actuando tanto por contacto e ingestión. Muestra además una excelente selectividad

INSTRUCCIONES: Al iniciar la preparación de la mezcla en tanque agregar primero el coadyuvante Pantera pH para mejorar las condiciones físicas y químicas del agua y agregar la dosis correcta de TROPA SC y otros agroquímicos (si fuera el caso). Agite durante 2-3 minutos, añada el resto del agua manteniendo agitación constante y finalmente agregar el surfactante organosiliconado EASYWAY.


TIEMPO APLICACIÓN: Se recomienda aplicar el producto en los próximos 4 días, si no debiera realizar un nuevo diagnóstico

DOSIS APLICAR: 100 mililitros/hectarea

CANT. DE AGUA: 100 L/H

9. HISTORIAL











En este apartado se mostrarán los registros de las consultas que el usuario ha realizado durante su cultivo de arroz, la cual podrá cambiar de estado a si aplico o no el producto dando clic en el icono del check, también podrá visualizar una ficha de sus resultados obtenido dando clic en el icono de ver.



Monica Samillan

- [Inicio](#)
- [Informe](#)
- [Consejos para Cultivo](#)
- [Sane su cultivo](#)
- [Historial](#)
- [Cerrar Sesión](#)

Historial Diagnostico y Dosificación
- Eliminar
+ Agregar otra consulta

N°	Fecha	Diagnostico	Agroquimico	Dosis aplicar	Unidad	Cantidad agua	Unidad	Estado	Acción
1	23/11/2022 0:00:00	Añublo de vaina	Bumper Top	1250	mililitros/hectarea	1000	L/H	Pendiente	 
2	23/11/2022 0:00:00	Añublo de vaina	Bumper Top	1250	mililitros/hectarea	1000	L/H	Pendiente	 
3	23/11/2022 0:00:00	Añublo de vaina	Bumper Top	50	mililitros/hectarea	40	L/H	Pendiente	 
4	23/11/2022 0:00:00	Añublo de vaina	Bumper Top	75	mililitros/hectarea	60	L/H	Pendiente	 
5	23/11/2022 0:00:00	Añublo de vaina	Bumper Top	250	mililitros/hectarea	200	L/H	Pendiente	 

10. REPORTE

Esta interfaz mostrará en gráfico las plagas y enfermedades que más se han presentado durante el mes.

