

## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

**TÍTULO DEL PROYECTO:** Prototipo de inteligencia artificial para el análisis de suelos: caso de estudio plantas de maíz

**FECHA DE INICIO:** 05/04/2021

**FECHA DE FINALIZACIÓN:** 23/08/2021

### **LUGAR DE EJECUCIÓN:**

- **Provincia:** Cotopaxi
- **Cantón:** Latacunga
- **Parroquia:** Ignacio Flores
- **Instituto:** Universidad Técnica de Cotopaxi.

### **UNIDAD ACADÉMICA QUE AUSPICIA:**

Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

### **CARRERA QUE AUSPICIA:**

Ingeniería en Informática y Sistemas Computacionales.

### **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN VINCULADO:**

Técnicas de Inteligencia Artificial para la producción agrícola de la provincia de Cotopaxi.

### **EQUIPO DE TRABAJO:**

#### **COORDINADOR:**

**Nombre:** Ing. Mg. Miryam Dorila Iza Carate

**Nacionalidad:** Ecuatoriana

**Fecha de Nacimiento:** 09/09/1973

**Estado Civil:** Casada

**Residencia:** Isla Marchena y Laguna El Junco

**E-mail:** miryan.iza@utc.edu.ec

**Teléfono:** 0983530493

**ESTUDIANTES:**

**Nombre:** Kevin Fernando De La Cruz Medina

**Nacionalidad:** Ecuatoriano

**Fecha de Nacimiento:** 01/07/1997

**Estado Civil:** Soltero

**Residencia:** Quito, Cantón Pichincha, Barrio Venecia II – Coop. Padre Inocencio Jacome

**Correo:** kevin.delacruz7618@utc.edu.ec

**Teléfono:** 0983924649

**Nombre:** Brayan Eduardo Montaguano Asimbaya

**Nacionalidad:** Ecuatoriano

**Fecha de Nacimiento:** 03/06/1996

**Residencia:** Alóag, Barrio Gualilagua

**Correo:** brayan.montaguano1869@utc.edu.ec

**Celular:** 0982874395

**ÁREA DEL CONOCIMIENTO:**

06 información y comunicación (TIC).

## **LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Línea 6: Tecnologías de la Información y Comunicación (TICS).

## **SUB LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE LA CARRERA:**

Robótica e Inteligencia Artificial.

## **2. INTRODUCCIÓN**

La presente investigación se refiere al desarrollo de un prototipo de inteligencia artificial para el análisis de suelos: caso de estudio plantas de maíz. La inteligencia

artificial es la manera de llevar lo que un ser vivo puede realizar a través de pensamientos hacia una máquina y de esta manera poder tomar decisiones a través de redes artificiales que llegan a ser analizadas en tres capas que nos facilitaran el proceso. En otros términos, la inteligencia artificial trata de imitar lo que un ser vivo puede realizar y de esta manera poder llegar a solucionar un problema.

El objetivo del proyecto de investigación es formar un prototipo de inteligencia artificial mediante el cual se recolectan los datos del pH del suelo para que así los agricultores de la parroquia Ignacio Flores, conozcan si el suelo es ácido, neutro o alcalino y determinar si el suelo es apto para su siembra de maíz y mediante el uso de redes neuronales analizar el porcentaje de elemento presente en estos suelos como: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio.

Las metodologías planteadas para el desarrollo del prototipo de inteligencia artificial fue la metodología SEMMA la cual posee cinco fases selección, exploración, modificación, modelado y evaluación cual permite realizar pronostico entre cantidades de datos mediante la comparación de patrones y para el desarrollo de la aplicación en java se hizo uso de la metodología XP que se considera una técnica de trabajo ágil para el desarrollo de software, la cual permite trabajar con un ciclo de vida dinámico mediante ciclos cortos de desarrollo a través historias de usuario las cuales describen lo que la aplicación debe realizar, un diseño simple, una fácil corrección de errores y pruebas unitarias para validar la efectividad de la aplicación.

El documento de este proyecto de investigación está constituido por temas empezando por el resumen donde se realizó una breve descripción de la investigación, determinando el tema, metodologías y herramientas utilizadas para la misma. Seguidamente de la introducción donde se realizó la entrada para el documento de investigación, posteriormente del problema, objeto y campo de acción, beneficiarios, justificación, hipótesis, objetivos tanto general como específico, sistema de tareas, fundamentación teórica donde se establece toda la información que fue utilizada para la investigación, materiales y métodos, análisis y discusión de resultados, conclusiones y recomendaciones, bibliografías y por último anexos.

## **2.1.EL PROBLEMA**

### **2.1.1. Situación Problémica**

El mantenimiento de la fertilidad del suelo es un aspecto fundamental para la sostenibilidad de la producción agrícola. El análisis químico del suelo constituye una de las técnicas más utilizadas para la recomendación de fertilizantes. Es por eso que hoy en la actualidad la inteligencia artificial está siendo implementada a la agricultura creando algoritmos los cuales facilitan la toma de decisiones en Factores como el cambio climático, el crecimiento de la población y la seguridad alimentaria impulsan a la industria agroalimentaria, etc La Inteligencia artificial a nivel mundial, está siendo aplicada en modo masivo por empresas de punta e innovadores que buscan enfoques innovadores para mejorar el rendimiento de los cultivos. La Inteligencia Artificial emerge como parte esencial de la evolución tecnológica de la agroindustria. Ya que se han presentado problemas en la agricultura como: suelos infértiles, bajo desarrollo de cultivos, sobre explotación de la tierra. etc, en base a estos problemas se planteó las siguientes soluciones: robots autónomos ejecutan labores agrícolas básicas, monitoreo de cultivos y suelos, mediante la visión por drones y/ o tecnología basada en software para monitorear la sanidad de los cultivos y el suelo, Análisis predictivo para monitorear y predecir impactos de las condiciones ambientales sobre el desempeño y el rendimiento de los cultivos [1].

*La expansión de la digitalización de la agricultura en Brasil es el propósito de InCeres, una empresa con sede en la localidad de Piracicaba (en el estado de São Paulo, Brasil), que utiliza la inteligencia artificial para prever la fertilidad del suelo con base en la entrada y la salida de nutrientes la aplicación de la empresa InCeres utiliza datos referentes a nutrientes obtenidos en estudios del suelo, de las condiciones climáticas y de tipos de cultivos e imágenes satelitales [2].*

En el ecuador se puede observar que la mayor parte de la población vive del sector agrícola, estos sectores viven aún de las técnicas tradicionales es por eso que no sacan el mayor provecho a todas las siembras debido a que no saben que tan bien se encuentra el suelo de nutrientes es por eso que en Cotopaxi, cantón Latacunga, de varias evaluaciones de campo se pudo manifestar: en la región oriental que

abarca las parroquias de Belisario Quevedo, Ignacio Flores, Juan Montalvo, Alaquez, Joséguango y Mulaló se encuentra en proceso erosivo y erosionado. La zona que coincide con el área de mayor desarrollo industrial y productivo, a lo largo del valle del Cutuchi, donde la deforestación, el desarrollo no planificado de las actividades productivas y el uso de tecnologías no adecuadas para el entorno de la provincia han intensificado el problema erosivo. La cordillera oriental que incluye la parroquia de Toacazo, (incluida la cordillera que pertenece al catón Saquisilí), más del 50% de la erosión provincial se concentra en los cantones de Latacunga, Salcedo y Saquisilí, siendo este último el caso más afectado. Como efecto de la erosión los suelos pierden fertilidad, ya que los elementos básicos para que el suelo se mantenga en un pH neutro apto para la siembra de maíz serian escasos [3].

### **2.1.2. Formulación del problema**

¿Cómo aportar en el análisis y valoración del estudio de los elementos del suelo para la producción maíz de la parroquia Ignacio Flores?

## **2.2.OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN**

### **2.2.1. Objeto de estudio**

Prototipo de inteligencia artificial para el análisis de suelos.

### **2.2.2. Campo de acción**

12 matemáticas, 1203, ciencia de los ordenadores, 04 Inteligencia artificial.

## **2.3.BENEFICIARIOS**

En la Tabla 1, se puede evidenciar que los beneficiarios del proyecto de investigación son principalmente los agricultores, ya que son los más afectados por el desconocimiento del nivel de pH y cantidad de elemento que existe en sus plantaciones de maíz.

**Tabla 1:** Beneficiario directos e indirectos

<b>Beneficiarios Directos</b>	<b>Beneficiarios Indirectos</b>
Agricultores de la parroquia Ignacio Flores.	Comerciantes.

## 2.4.JUSTIFICACIÓN

El presente estudio, se enfoca en el desarrollo de un prototipo de inteligencia artificial para el análisis de suelos, el cual cuenta con un sensor para medir el nivel de pH en los rangos de 1 – 14 que son los rangos estándares a nivel mundial, donde, más bajo sea el rango, más ácido se considerara, y donde más alto sea el rango, más alcalino se considerara, por otra parte, si el rango es intermedio con un rango de 7 o aproximados se considerara neutro. Y mediante la utilización y programación de una red neuronal artificial desarrollada en Python pronosticar la cantidad de elemento que existe en los suelos de plantaciones de maíz.

Como se mencionó antes los agricultores de la provincia de Cotopaxi, ciudad Latacunga, parroquia Ignacio Flores, barrio Santan Grande, vía la vicentina no tienen un conocimiento adecuado sobre el nivel de pH y cantidades de elementos que poseen sus suelos de plantaciones de maíz, que es el producto que más se siembra y se cosecha en la localidad provocando un mal desarrollo del maíz y como consecuencia una pérdida de económica y de tiempo. El desarrollo de este prototipo de inteligencia artificial es brindar a los agricultores de la provincia de Cotopaxi, ciudad Latacunga, parroquia Ignacio Flores, barrio Santan Grande, vía la vicentina información sobre el nivel de pH y cantidad de elemento existente en sus suelos de plantaciones de maíz.

El impacto tecnológico y social del proyecto, es generar una solución a un problema de los cuales muy pocas personas tienen conocimiento, mediante la utilización de herramientas tecnológicas como: IDE de desarrollo, lenguajes de programación y redes neuronales artificiales.

El equipo de desarrollo cuenta con los conocimientos adecuados sobre el manejo de software como: Java, Python, gestor de base de datos MySQL. Para el desarrollo de la interfaz se hizo uso del IDE de desarrollo Netbeans, para la codificación de la placa arduino se usó el IDE Arduino y para la predicción del elemento el IDE Spyder que trabaja con el lenguaje de programación Python. El desarrollo de esta investigación es importante debido a que permite generar conocimiento en los agricultores sobre sus suelos en plantaciones de maíz con ayuda de la tecnología.

## **2.5.HIPÓTESIS**

El desarrollo de un prototipo de inteligencia artificial ayudará a los agricultores de la parroquia Ignacio Flores a tener una valoración de los nutrientes que le hacen falta a los suelos de las plantaciones de maíz.

**Variable dependiente:** Análisis de suelos.

**Variable independiente:** Inteligencia artificial.

## **2.6.OBJETIVOS**

### **2.6.1. Objetivo General**

- Desarrollar un prototipo de inteligencia artificial mediante la adaptación de la metodología SEMMA, para el análisis de suelos en las plantaciones de maíz, con la finalidad de generar valoraciones sobre la forma correcta de tratar los cultivos de los agricultores de la Parroquia Ignacio Flores.

### **2.6.2. Objetivos Específicos**

- Realizar el estado del arte referente al estudio del suelo en el agrícola mediante una revisión bibliográfica en revistas de alto impacto para que sirva de base teórica para la investigación.
- Adaptar la metodología SEMMA al proyecto de desarrollo, a través de sus fases existentes dentro de la documentación de la misma, con el fin de tener una guía y evitar complicaciones.
- Facilitar valoraciones a los agricultores de la localidad Ignacio Flores referente a los tipos de suelos que sus terrenos agrícolas poseen con el fin de mejorar sus cultivos.

## 2.7. SISTEMA DE TAREAS

**Tabla 2:** Planificación de las actividades

OBJETIVOS ESPECIFICOS	ACTIVIDADES	RESULTADO DE LAS ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN (TÉCNICAS E INSTRUMENTOS)
Realizar el estado del arte referente al estudio del suelo en el sector agrícola mediante una revisión bibliográfica en revistas de alto impacto para que sirva de base teórica para la investigación.	<p>Buscar en diferentes revistas de alto impacto identificando los términos relacionados con mi objeto de estudio.</p> <p>Recopilar la información similar al objeto de estudio.</p>	Fundamentación Teórica	<p>Revisión bibliográfica</p> <p>Análisis documental</p> <p>Catálogo de referencias</p>
Adaptar la metodología SEMMA al proyecto de desarrollo, a través de sus fases existentes dentro de la documentación de la misma, con el fin de tener una guía y evitar complicaciones.	Adaptar la metodología SEMMA que es enfocada a los negocios hacia el campo agrícola. Etapas de la metodología, muestra, exploración, modificación, modelado y evaluación.	Desarrollo de la red neuronal	<p>Machine Learning – librerías: Keras, pandas, Tensorflow, Tkinter, matplotlib.pyplot, sklearn.metrics import precision_score</p> <p>keras.models import Sequential</p>
Facilitar valoraciones a los agricultores de la localidad Ignacio Flores referente a los tipos de suelos que sus terrenos agrícolas poseen con el fin de mejorar sus cultivos.	Se formulan valoraciones para los agricultores en base a la investigación desarrollada.	Desarrollo de un informe con valoraciones para los agricultores.	Informe de valoración.

### **3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

#### **3.1. Antecedentes**

Las personas del cantón Latacunga quieren saber sobre qué tipo de suelos se están trabajando para la agricultura, por ello se han realizado trabajos de investigación sobre el tema como, por ejemplo:[4] Llevo a cabo un trabajo de titulación para optar como ingeniera geógrafa en gestión ambiental, en la universidad católica del Ecuador facultad de ciencias humanas escuela de ciencias geográficas, con el tema de análisis espacial del cantón Latacunga para determinar áreas aptas para la reubicación de damnificados de la parroquia José Guango bajo afectados por el volcán Cotopaxi, en el caso de una erupción con un índice de explosividad volcánica cuatro (Pliniana). Esta investigación se dio con la finalidad de dar conocimiento sobre como los suelos de Latacunga están afectados por las explosiones volcánicas y saber en qué suelos se trabaja la agricultura.

La preocupación de los agricultores en Latacunga al no saber la calidad de los suelos en los cuales están trabajando es grandes, por ello se han realizado trabajos de investigación sobre el tema como, por ejemplo: [5] Llevo a cabo un trabajo de titulación para optar como e Ingeniero en Medio Ambiente, en la Universidad Técnica de Cotopaxi, con el tema de “Evaluación de indicadores de la calidad del suelo en áreas productoras de brócoli (*Brassica Oleracea*), de la parroquia Guaytacama del cantón Latacunga en el periodo 2019-2020”. Esta investigación se dio con la finalidad de dar una vista amplia de la calidad que tiene los suelos para realizar las siembras.

#### **3.2. Inteligencia Artificial.**

La inteligencia artificial (IA) tiene por objetivo el estudio y el análisis del comportamiento humano en los ámbitos de la comprensión, de la percepción, de la resolución de problemas y de la toma de decisiones con el fin de poder reproducirlos con la ayuda de un computador. De esta manera, las aplicaciones de la IA se sitúan principalmente en la simulación de actividades intelectuales del hombre. Es decir, imitar por medio de máquinas, normalmente electrónicas, tantas actividades

mentales como sea posible, y quizás llegar a mejorar las capacidades humanas en estos aspectos [6].

### **3.3. Machine Learning.**

El aprendizaje automático o Machine Learning es un método científico que nos permite usar los ordenadores y otros dispositivos con capacidad computacional para que aprendan a extraer los patrones y relaciones que hay en nuestros datos por sí solos. Esos patrones se pueden usar luego para predecir comportamientos y en la toma de decisiones [7].

### **3.4. Aprendizaje supervisado.**

El objetivo fundamental del aprendizaje supervisado es la creación de funciones con la posibilidad de predecir valores correspondientes a objetos de entrada luego de haberse familiarizado con una serie de ejemplos que son los datos de entrenamiento [8].

### **3.5. Redes neuronales.**

Redes neuronales artificiales son redes interconectadas masivamente en paralelo de elementos simples (usualmente adaptativos) y con organización jerárquica, las cuales intentan interactuar con los objetos del mundo real del mismo modo que lo hace el sistema nervioso biológico [9].

### **3.6. Software.**

El término “software” se refiere a la información procesada por los sistemas informáticos. Se refiere, además, al equipo y soporte lógicos de un sistema informático. Estos componentes lógicos hacen posible la realización de tareas específicas. De manera general, se podría decir que es toda la parte no física de un ordenador: código fuente, binario o ejecutable, documentación, datos a procesar e incluso la información de usuario [10].

### **3.7. Tipos de software.**

Si bien existen varias clasificaciones según los tipos de software, de manera general, nos podemos referir a tres grupos. Software de sistema, se encarga de generar una interfaz adecuada para el usuario (controladores y herramientas) que permitan realizar un mantenimiento del sistema global. Software de programación,

permite el desarrollo de programas informáticos, mediante alternativas y lenguajes de programación. Software de aplicación, permite que el usuario lleve a cabo una o varias tareas específicas [11].

### **3.8.Diseño del sistema.**

El diseño del sistema hace referencia a la arquitectura de la aplicación tomando como referencia las especificaciones para el desarrollo de las interfaces o módulos.

### **3.9.Herramientas case.**

Las herramientas CASE (Computer Aided Software Engineering, Ingeniería de Software Asistida por Computadora) pueden ayudar en todos los aspectos del ciclo de vida de desarrollo del software: diseño del proyecto, cálculo de costos, compilación automática, documentación o detección de errores entre otras [12].

### **3.10. Lucidchart**

Lucidchart es una herramienta de diseño de proyectos la cual nos permite realizar diagramas, mapas conceptuales, planos, procesos, basadas en plantillas predeterminadas o en blanco para que el usuario pueda crear su propio diseño.

### **3.11. IDE de desarrollo.**

Los entornos de desarrollo (IDE) son herramientas que permiten a los programadores crear aplicaciones. Aunque las aplicaciones también se pueden crear a partir de un editor y un compilador, pero, en entornos profesionales suele utilizarse un IDE [13]. Un IDE consta de:

- Editor.
- Compilador o intérprete.
- Depurador (intérprete).

Constructor de interfaces gráficos

#### **3.11.1. IDE Arduino.**

Arduino es una plataforma de electrónica abierta para la creación de prototipos basada en software y hardware fáciles de usar. Fue creada para artistas, diseñadores, aficionados y cualquiera interesado en crear entornos u objetos [14].

### **3.11.1.1 Arduino.**

Arduino es un micro controlador de código abierto, una sencilla y económica placa con entradas y salidas, analógicas y digitales, en un entorno de desarrollo en el lenguaje de programación Processing basado en Java con una fácil curva de aprendizaje [15].

### **3.11.2. IDE Netbeans 8.2**

Es un entorno integrado de desarrollo que permite realizar tareas asociadas a la programación: editar códigos, compilación, ejecutar, depurar. Que permite simplificar tareas como simplificar tareas como la escritura de códigos, navegación de clases [16].

### **3.12. Lenguaje de programación Java.**

Este lenguaje de programación fue creado por Sun Microsystems, funciona para distintos tipos de procesadores. Comparte similitud con de sintaxis con C++, e incorpora algunas características que en otros lenguajes son extensiones. Este código se ejecuta sobre una máquina virtual la Java Virtual Machine, que se encarga de interpretar el código y convertirlo a código particular [17].

### **3.13. Base de datos.**

Es una herramienta que permite el almacenamiento organizado de información (datos). Gran parte de la tecnología que se usa actualmente utiliza base de datos para asegurar la integridad de los datos. Estas facilitan el trabajo y comprensión de esta información para facilitar la labor de los usuarios y programadores [18].

#### **3.13.1. Base de datos MySQL.**

Es un sistema gestor de bases de datos, muy utilizado debido a su sencillez, simplicidad y buen rendimiento. Es de libre distribución en Internet bajo licencia GPL, lo que le da un alto grado de estabilidad y un rápido desarrollo. Además, está disponible para múltiples plataformas [18]. Ha ganado popularidad por una serie de atractivas características:

- Está desarrollado en C/C++.
- La API se encuentra disponible en C, C++, Eiffel, Java, Perl, PHP, Python, Ruby y TCL.

- Está optimizado para equipos de múltiples procesadores.
- Es muy destacable su velocidad de respuesta.
- Se puede utilizar como cliente-servidor o incrustado en aplicaciones.
- Cuenta con un rico conjunto de tipos de datos.

### **3.14. XAMPP**

XAMPP es un software libre multiplataforma con distribuciones de Apache, MySQL, PHP y Perl. XAMPP permite fácilmente aprender lenguajes como PHP o MySQL, ya que desde el ordenador se puede crear y visualizar la página de trabajo. Es ideal para programar una web en un entorno de desarrollo, antes de subirla a internet y hacerla pública [19].

### **3.15. Sensor de pH.**

Es un instrumento de laboratorio que permite determinar el pH de una solución (ácida o básica). Matemáticamente el pH se define como el índice logarítmico de la concentración de iones hidrógeno en una solución acuosa [20].

### **3.16. Metodología SEMMA.**

Esta es una de las principales metodologías utilizadas por los analistas para la realización de proyectos de Data Mining. Esta metodología fue desarrollada por SAS Institute, la define como el proceso de selección, exploración y modelado de grandes cantidades de datos para descubrir patrones. El nombre SEMMA es el acrónimo correspondiente a las cinco fases básicas del proceso: sample, explore, modify, model y Access [21].

### **3.17. Fases de la Metodología SEMMA.**

Las cinco fases básicas del proceso: simple (muestreo), explore (exploración), modify (modificación), model (modelado) y access (valoración). En la primera fase se realiza la extracción de la población muestral sobre la que se va a aplicar el análisis. Se procede con la exploración de la información disponible con el fin de simplificar el problema. En la tercera fase, se manipulan los datos y que estos tengan un formato adecuado para ser introducidos en un modelo. Entonces se procede con el modelado. Finalmente, la valoración de los resultados mediante el análisis de bondad del modelo [21].

### **3.18. Pruebas de Software.**

Es un proceso de ejecución que permite encontrar errores. Permite probar, elevar la calidad y fiabilidad de un programa para encontrar y eliminar errores. Según [22] “Las pruebas de software son la investigación empírica y técnica realizada para facilitar a los interesados información sobre la calidad del producto o servicio bajo pruebas”

### **3.19. Calidad de Software**

Se define como calidad de software al grado de satisfacción que el usuario tiene a partir de la interacción con el software, sus propiedades y características [23].

### **3.20. Análisis de suelos.**

Los análisis químicos de suelos y plantas para determinar y monitorear la fertilidad, así como para determinar los requerimientos de los cultivos, está en una tendencia decreciente en cuanto a su aplicación. Ello se debe a la insuficiente calibración de los métodos analíticos y a la limitada representatividad del análisis de una muestra, pues la generalización para un área extensa, ignora la variabilidad espacial y temporal de ciertas características. En su lugar, se están generando modelos matemáticos que permiten la predicción del estado espacial y temporal de los nutrientes (Crespo, 2004). No obstante, más que un reemplazo, los análisis químicos y la generación de modelos matemáticos deben ser instrumentos complementarios, de tal manera que se conviertan en un soporte para la toma de decisiones y planificación del uso productivo del suelo [24].

### **3.21. Geografía.**

La geografía ha sido concebida alternativamente como un arte, una disciplina educativa, una ciencia y una profesión. Por otra parte, su temática de estudio ha incluido cuatro tradiciones, que denominaremos regional, ambiental, espacial y humanista, las cuales han dado lugar a varias corrientes del pensamiento geográfico asociadas a cada una de ellas [25].

### **3.22. Agronomía.**

Agronomía proviene del latín ager que significa campo y del griego nomos que significa ley. Según el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española es el “Conjunto de conocimientos aplicables al cultivo de la tierra, derivados de las

ciencias exactas, físicas y económicas”. Es la rama de la ciencia que se encarga de sistematizar conocimientos de diversas ciencias aplicadas, enfocada a mejorar la calidad de los procesos productivos y la transformación de los productos agrícolas. Se fundamenta en principios científicos, y tecnológicos, y se encarga de estudiar los factores físicos, químicos, biológicos, económicos y sociales que intervienen en el proceso productivo. Su objeto de estudio es el fenómeno complejo o proceso social del agro ecosistema, entendiendo éste como el modelo específico de intervención del hombre en la naturaleza, con fines de producción de alimentos y materia prima. La agronomía integra y aporta al proceso agrícola los logros científicos y técnicos [26].

### **3.23. Edafología.**

Ciencia de suelo Existen dos términos para denominar a la disciplina que estudia el suelo. El más conocido a nivel internacional es el de Pedología, que estudia las características físicas, químicas y biológicas para establecer la génesis y clasificación del suelo, pero sin pensar en posibilidades de uso. En cambio, la Edafología extiende su alcance hasta el estudio de la influencia del suelo sobre los seres vivos, desde un punto de vista práctico para la obtención de mejores rendimientos en el uso agrícola [27].

## **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1. Metodología de Investigación**

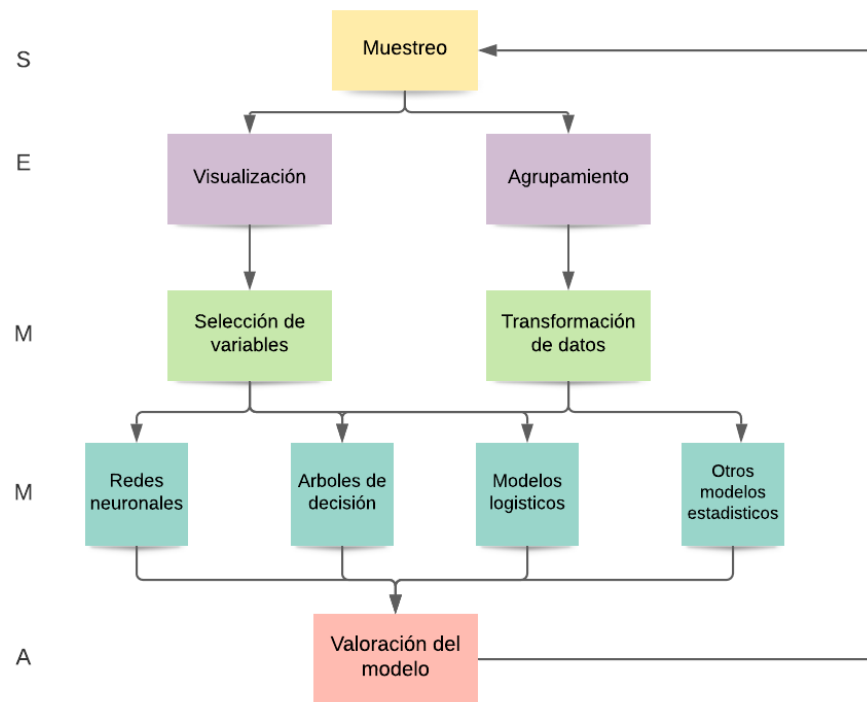
#### **4.1.1. Investigación Bibliográfica**

La investigación bibliográfica se utilizó dentro de esta investigación ya que gracias a ella se pudo analizar, determinar diferentes herramientas y metodologías útiles para el desarrollo de esta investigación. Ya que gracias a su principal función, la revisión y análisis en revistas y documento de alto impacto relacionados con la investigación se pudo sentar bases de conocimiento para que la investigación comience de la mejor manera, además de aportar gran información al área de fundamentación teórica del documento.

### **4.2. Metodología de desarrollo**

#### **4.2.1. Metodología SEMMA**

La Metodología SEMMA fue desarrollada por el instituto SAS la cual cuenta con 5 fases: muestra, exploración, modificación, modelado y evaluación a la hora de realizar la investigación. Esta metodología busca patrones en cantidades de datos para poder realizar predicciones de negocios, pero ha sido aplicada para poder realizar predicciones de la cantidad de elemento en base al pH de los suelos de plantaciones de maíz.



**Figura 1:** Metodología SEMMA

## 4.2.2. Etapas de la metodología SEMMA

### 4.2.2.1. Muestreo

En la fase de muestreo lo que se hizo fue tomar el pH el cual ayuda a ver el problema del suelo y gracias a la obtención del pH se ha podido dar inicio a nuestro modelo. Esto debe ir asociado con un nivel de confianza el cual lo hemos sacado a través del error cuadrático medio aplicado a los dos conjuntos es decir a los datos arrojados por nuestro sensor y a los datos proporcionados por el INIAP

+ Opciones				coddad	datuno	datdos	datres	dacuatro	codpryme
<input type="checkbox"/>				1	7.57	7.45	7.5	7.7	7.555
<input type="checkbox"/>				2	7.59	7.75	7.62	7.68	7.66
<input type="checkbox"/>				3	3.56	3.55	3.67	3.56	3.58
<input type="checkbox"/>				4	10.34	10.43	10.26	10.37	10.35
<input type="checkbox"/>				5	5.24	5.18	5.49	5.21	5.28
<input type="checkbox"/>				6	8.39	7	8.72	8.13	8.24
<input type="checkbox"/>				7	6.65	6.71	6.69	6.87	6.73
<input type="checkbox"/>				8	9.52	9.54	9.6	9.58	9.56
<input type="checkbox"/>				9	4.84	4.85	4.83	4.84	4.84

**Figura 2:** Datos guardados en la base de datos pH.

En la figura 2 se pueden apreciar los datos guardados del pH en la base de datos MySQL que fueron obtenidos con el sensor de Ph y posteriormente procesados en Java.

Después de haber tomado las muestras las muestras del suelo fueron enviadas al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias para realizar un análisis de su pH.

Análisis		N	P	S*	B*	K	Ca	Mg	Zn*	Cu*	Fe*	Mn*	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	± Bases	MO *	CO.*	Textura (%)*			Clase Textural	IDENTIFICACIÓN	
Unidad	PH	ppm	ppm	ppm	ppm	meq/100g	meq/100g	meq/100g	ppm	ppm	ppm	ppm				meq/100g	%	%	Arena	Limo	Arcilla			
21-1698	7.44	P N	73 A	90 A		1.58	32.23 A	1.40 A					22.99	0.88	21.23	35.21								Suelo, Maíz Lote 1 Muestra 1
21-1699	7.58	P N	75 A	92 A		1.15	21.44 A	1.80 A					13.67	1.38	20.05	23.19								Suelo, Maíz Lote 2 Muestra 1
21-1700	3.56	L Ac	27 B	32 B		0.15	3.28 B	0.19 B					17.25	1.27	27.89	3.82								Suelo, Maíz Lote 3 Muestra 1
21-1701	10.31	L AI	54 M	43 B		1.76	37.28 A	0.30 B					124.28	0.21	21.36	39.34								Suelo, Maíz Lote 4 Muestra 1
21-1702	5.32	L Ac	61 M	57 M		1.42	27.25 A	1.51 A					18.08	1.07	20.23	30.24								Suelo, Maíz Lote 5 Muestra 1
21-1703	8.21	L AI	69 A	88 A		1.44	27.17 A	1.55 A					17.55	1.07	19.96	30.16								Suelo, Maíz Lote 6 Muestra 1
21-1704	6.78	N	71 A	78 A		1.47	23.28 A	1.34 A					17.42	0.92	16.85	26.09								Suelo, Maíz Lote 7 Muestra 1
21-1705	9.76	L AI	57 M	47 B		1.46	26.29 A	1.30 A					20.22	0.91	19.38	29.05								Suelo, Maíz Lote 8 Muestra 1
21-1708	4.76	L Ac	34 B	35 B		0.68	14.57 M	0.24 B					60.72	0.36	21.81	15.46								Suelo, Maíz Lote 9 Muestra 1
Análisis	AlH*	Al*	Na *	C.E. *	N. Total*	N-NO3 *	K H2O*	P H2O*	CP*	H														
Unidad	meq/100g			dS/m	%	ppm	ppm	ppm	ppm	%														

**Figura 3:** Resultados del pH del laboratorio INIAP

En la figura 3 se puede observar los resultados de pH para cada suelo, además de un porcentaje de los nutrientes: nitrógeno, fosforo, potasio, calcio y magnesio.

**Tabla 3:** Error entre el pH de laboratorio y pH de sensor

MUETRA	pH	pH sensor	Error cuadrado
21-1698	7,44	7,55	0,0121
21-1699	7,58	7,66	0,0064
21-1700	3,56	3,58	0,0004
21-1701	10,31	10,35	0,0016
21-1702	5,32	5,28	0,0016
21-1703	8,21	8,24	0,0009
21-1704	6,78	6,73	0,002
21-1705	9,76	9,56	0,04
21-1706	4,75	4,84	0,008
Total			0,073

Como se observa en la tabla 3, para obtener el error cuadrado se le resta al valor otorgado por el Sensor de pH y el valor de pH otorgado por el laboratorio y ese resultado lo elevamos al cuadrado.

#### 4.2.2.1.1. MSE (Error Cuadrático Medio)

*Cuadrado del error*

$$MSE = \frac{\quad}{n}$$

$$MSE = \frac{0,0736}{9}$$

$$MSE = 0,008$$

Aquí se puede apreciar el error que tiene el prototipo referente a las muestras del laboratorio INIAP y como bien se observa el error es mínimo, lo que concluye que el prototipo para la lectura del pH funciona correctamente.

#### 4.2.2.2.Exploración

Es por eso que hemos optado por la regresión lineal el cual es una técnica estadística que ayudo a optimizar la eficiencia del modelo, esta técnica trata de encontrar la recta que disminuya las distancias verticales y a su vez nos ayudó a ver cuál es la variable de entrada que nos va a servir en el modelo.

##### 4.2.2.2.1. Modelo de regresión lineal

En la investigación se aplicó el modelo de regresión lineal para poder determinar el porcentaje o cantidad de un elemento en el suelo dependiendo del pH que este posea y así optimizar la eficacia del modelo.

$$\hat{y} = b_0 - b_1x$$

Como bien se puede apreciar en la fórmula matemática  $\hat{y}$  es la variable de respuesta, X es la variable de entrada,  $b_0$  la pendiente y  $b_1$  el intercepto, estas las podremos obtener a través de los métodos de mínimos cuadrados.

$$b_1 = \frac{\sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n}}{\sum x^2 - \frac{\sum(x)^2}{n}}$$

A continuación, se presenta como se realiza el proceso para determinar los valores de  $b_0$  y  $b_1$  mediante la ecuación de mínimos cuadrados, para poder realizar la predicción del porcentaje del elemento en las plantaciones de maíz tomando como ejemplo el elemento Nitrógeno (N).

**Tabla 4:** Valores de pH y el elemento nitrógeno (n) y sus sumatorias.

	X	Y	X.Y	X2
	7,44	90	669,6	55,35

n	7,58	92	697,36	57,46
	3,56	32	113,92	12,67
	10,31	43	443,33	106,3
	5,32	57	303,24	28,3
	8,21	88	722,48	67,4
	6,78	78	528,84	45,97
	9,76	47	458,72	95,26
	4,75	35	166,25	22,56
Σ	63,71	562	4103,74	491,27

Como se puede observar en la tabla 4, se toma todos los valores del pH otorgado por el sensor (9), en este caso se representaría con la variable “n”, X representa el valor de pH, Y el porcentaje del elemento. Para determinar “XY” multiplicamos la variable X por la variable Y, y para obtener “X<sup>2</sup>” multiplicamos X por sí misma.

Realizamos la sumatoria de cada una de las variables y remplazamos en la fórmula de mínimos cuadrados como se observa a continuación.

$$b_1 = \frac{4103,74 - \frac{(63,71)(562)}{9}}{491,27 - \frac{(63,71)^2}{9}}$$

$$b_1 = 3,113782$$

Para determinar la variable b<sub>0</sub> utilizamos la siguiente formula:

$$b_0 = \bar{y} - m\bar{x}$$

Donde  $\bar{y}$  se remplaza por la sumatoria de la variable Y sobre el número de valores de X, la variable m, es el resultado de b<sub>0</sub> y  $\bar{x}$  es sustituido por la sumatoria de la variable X sobre el valor de elementos de sí misma.

$$b_0 = \frac{\sum y}{n} - (b_1)\left(\frac{\sum x}{n}\right)$$

$$b_0 = \frac{562}{9} - (3,113782)\left(\frac{63,71}{9}\right)$$

$$b_0 = 40,40232764$$

Una vez ya obtenidos los valores de  $b_0$  y  $b_1$  se pueden reemplazar en la fórmula de regresión lineal simple, donde X toma cualquier valor de si para poder realizar la predicción.

$$\hat{y} = b_0 - b_1 x$$

$$\hat{y} = 40,4023 - 3,113782 (7,44)$$

$$\hat{y} = 63,56$$

Como resultado de la aplicación del modelo de regresión lineal obtenemos un porcentaje aproximado del elemento nitrógeno que fue el sujeto de ejemplo para demostrar el modelo de regresión lineal.

**Tabla 5:** pH de laboratorio y nutrientes

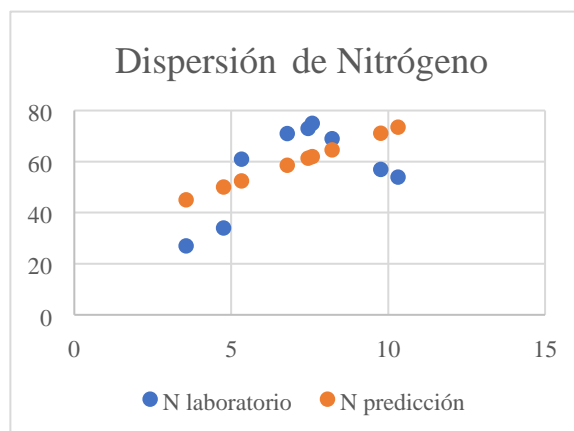
pH	N	P	K	Ca	Mg
Laboratorio	Ppm	ppm	meq/100	meq/100	meq/100
7,44	73	90	1,58	32,23	1,4
7,58	75	92	1,15	21,44	1,6
3,56	27	32	0,15	3,28	0,19
10,31	54	43	1,76	37,28	0,3
5,32	61	57	1,42	27,25	1,51
8,21	69	88	1,44	27,17	1,55
6,78	71	78	1,47	23,28	1,34
9,76	57	47	1,46	26,29	1,3
4,75	34	35	0,68	14,57	0,24

En la tabla 5, se puede apreciar los nutrientes en base a sus pH otorgados por el INIAP – Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.

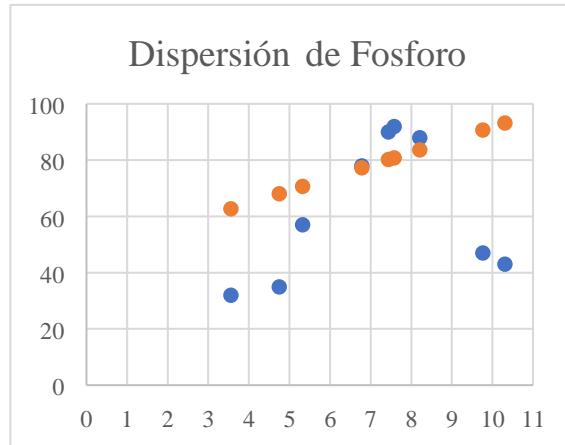
**Tabla 6:** pH otorgado por el sensor y aplicación del modelo de regresión lineal en los elementos

pH	N	P	K	Ca	Mg
Prototipo	ppm	ppm	meq/100	meq/100	meq/100
7,55	61,42	80,22	0,89	26,3	0,71
7,66	62	80,85	0,91	26,83	0,72
3,58	45,1	62,67	0,3	11,63	0,46
10,35	73,48	93,19	1,33	37,16	0,9
5,28	52,5	70,63	0,57	18,28	0,58
8,24	64,65	83,7	1,01	29,21	0,76
6,73	58,64	77,23	0,79	23,8	0,67
9,56	71,17	90,7	1,25	35,08	0,86
4,84	50,11	68,05	0,48	16,13	0,54

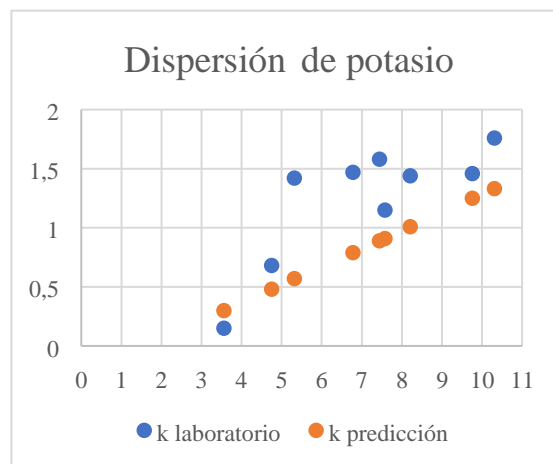
Como se puede observar en las tablas 5 y 6 a través de los cálculos de regresión lineal simple se aprecia la predicción de los elementos, cabe recalcar que la investigación se realizó con 9 muestras por lo cual la predicción tiene un pequeño margen de error esto se ira corrigiendo con del tiempo ya que irán agregando nuevas muestras con nuevos valores para los elementos, lo cual reduciría el margen de error haciéndolo preciso.



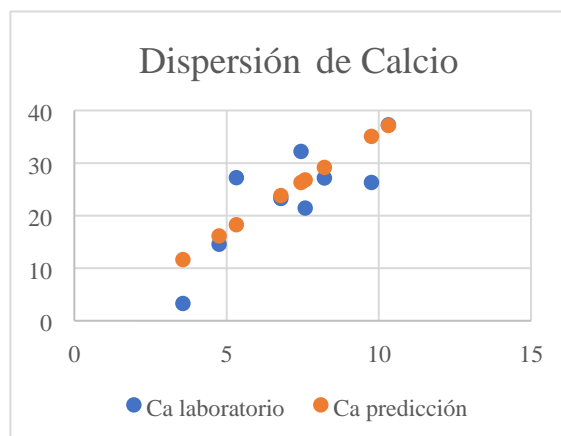
**Figura 4:** Diagrama de dispersión del elemento nitrógeno



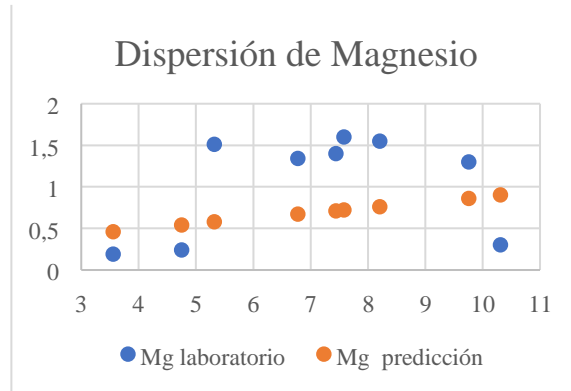
**Figura 5:** Diagrama de dispersión del elemento fosforo



**Figura 6:** Diagrama de dispersión del elemento potasio



**Figura 7:** Diagrama de dispersión del elemento calcio



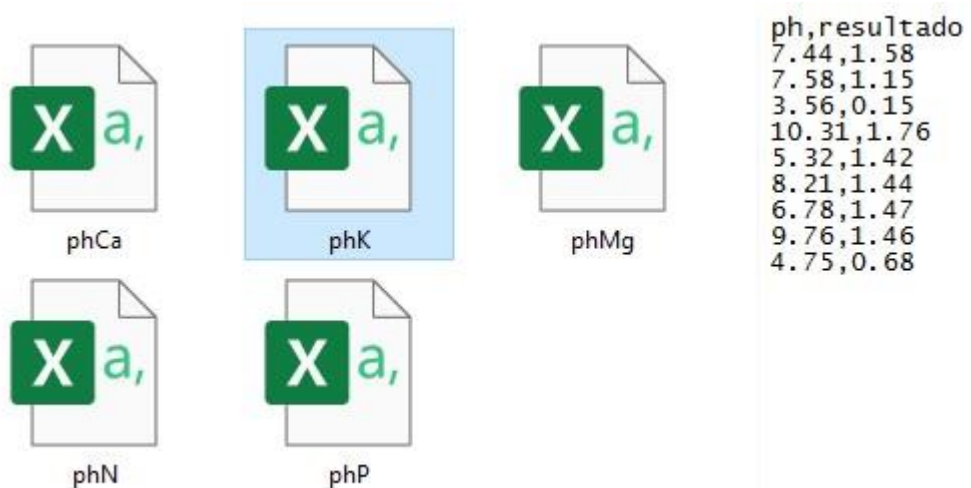
**Figura 8:** Diagrama de dispersión del elemento magnesio

A través de los diagramas de dispersión podemos ver que el modelo en si está bien ya que la relación entre las variables va acorde a la línea de regresión y los puntos reales no están muy alejados.

#### 4.2.2.3.Manipulación

En base a la fase de exploración se puede seguir con la manipulación los datos en este caso si podemos trabajar con los elementos de Nitrógeno, Potasio, Fosforo, Calcio, y magnesio y con la variable de entrada “pH”

En esta fase una vez definida la variable de entrada y la de salida hemos procedido a crear archivos csv los cuales nos van ayudar a la hora de pasar al modelado ya que esos datos nos ayudaran en la red neuronal.



**Figura 9:** archivos csv de cada elemento

#### 4.2.2.4. Modelado

Para el modelo empezamos con la importación de todas las librerías necesarias para poder estructurar la red neuronal en este caso vamos a importar `from sklearn.metrics import precision_score` para ver la precisión de nuestro algoritmo, `from sklearn.model_selection import Kfold` el cual nos ayudara a realizar la validación cruzada, `from sklearn.metrics import accuracy_score` el cual nos ayudara a a ver la exactitud de nuestra predicción, `import pandas as pd` el cual nos facilita a la hora de manipular nuestro archivo csv, `import matplotlib.pyplot as plt` para realizar nuestras gráficas, `import keras` para poder hacer nuestra red neuronal `import tensorflow as tf` se lo utiliza para realizar los cálculos numéricos e optimizar como se puede observar en la figura 10.

```
6
7   from sklearn.metrics import precision_score
8   from sklearn.model_selection import KFold
9   from sklearn.metrics import accuracy_score
10  import pandas as pd
11  import matplotlib.pyplot as plt
12  import keras
13  import tensorflow as tf
14
```

**Figura 10:** Importación de las librerías necesarias para el código en Python

Una vez especificado todas las librerías que vamos a utilizar procedemos con la codificación Se empleo `df=pdread_csv(“nombre del archivo”)` para poder hacer uso del archivo csv y poder emplear los datos en nuestra red neuronal. `print(df.head(9))` y `print(df.columns)` se los empleo para poder visualizar si se está trayendo y haciendo uso de los datos en nuestro archivo csv el número nueve de la línea de código hace referencia a que nuestro archivo csv tiene nueve campos. `X=df['ph']` , `y=df['resultado']` los empleamos para asignar a cada variable una columna en este caso a la variable X se le asigna los datos del ph y a la variable Y el resultado en este caso al porcentaje del elemento como lo muestra la figura 11.

```
19  df=pd.read_csv("phN.csv")
20  print(df.head(9))
21  print(df.columns)
22
23  X=df['ph']
24  y=df['resultado']
25
```

**Figura 11:** Leyendo el archivo csv

Se hizo uso de Kfold para poder realizar la validación cruzada ya que es muy importante a la hora de realizar una red neuronal ya que eso nos garantiza que nuestros resultados que tenemos sean independientes es decir una parte se le asigna para el entrenamiento y la otra parte es para los datos de validación.

```
#SEGUNDO METODO validacion cruzada
kf = KFold(n_splits=2, shuffle=True, random_state=2)
for train_index, test_index in kf.split(X):
    X_train, X_test = X[train_index], X[test_index]
    Y_train, Y_test = Y[train_index], Y[test_index]
print('X_train: ', np.asarray(X)[train_index])
print('Y_train: ', np.asarray(Y)[train_index]*Ymax)
print('X_test: ', np.asarray(X)[test_index])
print('Y_test: ', np.asarray(Y)[test_index]*Ymax)
```

**Figura 12:** Validación cruzada o cross-validation

Para evitar la dependencia de los resultados sobre la división de los datos, se puede utilizar la técnica de validación cruzada (cross-validation en inglés). La misma garantiza que la evaluación de los resultados es independiente de la partición entre datos de entrenamiento y prueba. La validación cruzada consiste en entrenar y evaluar los clasificadores realizando diferentes particiones sobre el conjunto de datos. Resulta útil para entornos donde el objetivo principal es la predicción, y se quiere estimar qué tan preciso es un modelo que se llevará a cabo a la práctica. Existen diferentes tipos de validaciones cruzadas. Los más populares son la validación cruzada de K iteraciones, la validación cruzada aleatoria y la validación cruzada dejando uno fuera.

En la validación cruzada de K iteraciones, también conocida como K-fold cross-validation en inglés, los datos se dividen en K subconjuntos. Uno de los subconjuntos es utilizado como datos de prueba, mientras que el K-1 restante de los subconjuntos se utiliza para entrenamiento. Este proceso se repite durante K iteraciones, alternando con cada uno de los subconjuntos de prueba posible [28].

```
X_train: [ 7.44  7.58  3.56 10.31  5.32]
Y_train: [73. 75. 27. 54. 61.]
X_test:  [8.21  6.78  9.76  4.75]
Y_test:  [69. 71. 57. 34.]
```

**Figura 13:** Uso del cross-validation con datos

Luego se procede a elaborar la red neuronal en este caso la estamos dividiendo en tres capas una de entrada dos ocultas y una capa de salida en la cual estamos especificando que nuestro algoritmo se repita 64 veces para poder realizar la predicción.

```
model = Sequential()
#Capas
#1ra:Entrada
#2da:Oculta 12 neuronas
#3ra:Oculta 8 neuronas
#4ta:Salida
model.add(Dense(12, input_dim=1, activation='relu'))
model.add(Dense(8, activation='relu'))
model.add(Dense(1, activation='sigmoid'))
```

**Figura 14:** Red neuronal.

Continuamos creando nuestro optimizador el cual el más ajustable a nuestro modelo es el RMSprop ya que nos ayuda a tener unos valores más exactos a su vez se utilizó las métricas de Accuracy para la exactitud y el mse para las perdidas. En nuestro modelo.

```
optimizer=tf.keras.optimizers.RMSprop(learning_rate=0.01)
model.compile(optimizer=optimizer,loss='mean_squared_error', metrics=['accuracy','mse'])
```

**Figura 15:** Optimizador de métricas

A continuación creamos una pequeña interfaz el cual va ligado a el `model.predict([Y])` para predecir especificando en Y el pH y de esa manera predecir el elemento y para poder observar la precisión y exactitud a través de nuestra pequeña interfaz.

```

def red():
    red1=float(entrada1.get())
    red=model.predict([red1])*Ymax
    return var.set(red)
def acuraccy():
    acuraccy=float(exactitud)
    return var.set(acuraccy)
def preci():
    preci=float(precision)
    return var.set(preci)
def loss():
    loss=float()
    return var.set(loss)
def cerrar():
    ventana.destroy()

```

**Figura 16:** predicción

#### 4.2.2.5.Evaluación

En la parte de evaluación se tomó en cuenta el Accuracy y la perdida mediante estas métricas se puede ver la exactitud del modelo y la perdida llegando a la conclusión que nuestro Accuracy está de 0.77 esto mejorara con la agregación de datos en futuros proyectos

```

X_train: [ 7.58  3.56 10.31  5.32  6.78]
Y_train: [21.44  3.28 37.28 27.25 23.28]
X_test:  [7.44  8.21  9.76  4.75]
Y_test:  [32.23 27.17 26.29 14.57]
1/1 [=====] - 0s 2ms/step - loss: 0.0232 - accuracy: 0.0000e+00
- mse: 0.0232
[0.023244202136993408, 0.0, 0.023244202136993408]
Prediccion: [[26.50064]]
Ypredicido= [26.500639 26.257723  4.2352204 35.026432 27.668568 29.243488
27.601793 34.073444 20.183561 ]
Yreal= [32.23 21.44  3.28 37.28 27.25 27.17 23.28 26.29 14.57]
hola: mean_squared_error
precisio: 1.0
Accuracy: 0.7777777777777778

```

**Figura 17:** Exactitud en el modelo

#### 4.3.Metodología XP

Es una Metodología ligera de desarrollo de aplicaciones que se basa en la simplicidad, la comunicación y la realimentación del código desarrollado [29].

### 4.3.1. Etapas de la metodología XP

A continuación se muestran las etapas de la metodología XP o Programación

Extrema:

#### 4.3.1.1. Planificación

##### 4.3.1.1.1. Historias de usuario

**Tabla 7:** Historia de Usuario 1, recolectar datos.

<b>HISTORIA DE USUARIO (HU)</b>			
<b>Código HU:</b>	HU0001	<b>Fecha:</b>	12/04/2021
<b>Sprint:</b>	1	<b>Prioridad:</b>	Alta
<b>Actores:</b>	Usuario	<b>Puntos:</b>	3
<b>Descripción:</b> Como usuario requiero que la aplicación me permita recolectar los datos para posteriormente calcularlos y guardarlos.			
<b>Detalles de la HU:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• El administrador conecta el sensor al computador para la obtención de los datos.</li><li>• Se ejecuta el programa.</li><li>• Finalmente, se realizara la obtención de los datos.</li></ul>			
<b>Restricciones:</b> el sensor debe estar conectado al computador.			
<b>Criterios de aceptación:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Verificar que el sensor esté conectado al computador para que se recolecten los datos.</li></ul>			
<b>DoD:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Se realizó la prueba funcional de esta historia de usuario dando como resultado un estatus exitoso.</li></ul>			

**Tabla 8:** Historia de Usuario 2, calcular promedio.

<b>HISTORIA DE USUARIO (HU)</b>			
<b>Código HU:</b>	HU0002	<b>Fecha:</b>	20/04/2021
<b>Sprint:</b>	2	<b>Prioridad:</b>	Alta
<b>Actores:</b>	Usuario	<b>Puntos:</b>	3

<b>Descripción:</b> Como usuario requiero la aplicación me permita calcular los datos obtenidos y generar un promedio para guardarlos.
<b>Detalles de la HU:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El programa sumara los resultados obtenidos</li> <li>• Genera un promedio general.</li> </ul>
<b>Restricciones:</b> los datos deben estar en la tabla.
<b>Criterios de aceptación:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguna.</li> </ul>
<b>DoD:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se realizó la prueba funcional de esta historia de usuario dando como resultado un estatus exitoso.</li> </ul>

**Tabla 9:** Historia de Usuario 3, guardar datos.

<b>HISTORIA DE USUARIO (HU)</b>			
<b>Código HU:</b>	HU0003	<b>Fecha:</b>	1/05/2021
<b>Sprint:</b>	3	<b>Prioridad:</b>	Alta
<b>Actores:</b>	Usuario	<b>Puntos:</b>	3
<b>Descripción:</b> Como usuario requiero que la aplicación me permita guardar los datos obtenidos y el promedio generado.			
<b>Detalles de la HU:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El usuario obtiene los datos.</li> <li>• Los datos se procesan y generan el promedio general.</li> <li>• Se muestra la interfaz con el mensaje “DATOS INGRESADOS”.</li> <li>• Se da clic en el botón “Aceptar”.</li> <li>• La información se guarda en la base de datos.</li> </ul>			
<b>Restricciones:</b> Ninguna.			
<b>Criterios de aceptación:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El campo de promedio este lleno.</li> </ul>			
<b>DoD:</b>			

- Se realizó la prueba funcional de esta historia de usuario dando como resultado un estatus exitoso.

**Tabla 10:** Historia de Usuario 4, mensaje de recomendación.

<b>HISTORIA DE USUARIO (HU)</b>			
<b>Código HU:</b>	HU0004	<b>Fecha:</b>	21/07/2021
<b>Sprint:</b>	4	<b>Prioridad:</b>	Alta
<b>Actores:</b>	Usuario	<b>Puntos:</b>	3
<b>Descripción:</b> Como usuario requiero que la aplicación me permita mostrar en base al pH si su suelo es ácido neutro o alcalino.			
<b>Detalles de la HU:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El usuario toma los datos.</li> <li>• El programa ejecuta y calcula los datos.</li> <li>• Genera el promedio.</li> <li>• Finalmente, muestra si el suelo es ácido, neutro o alcalino.</li> </ul>			
<b>Restricciones:</b> Ninguna			
<b>Criterios de aceptación:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El campo de promedio de pH debe estar lleno.</li> </ul>			
<b>DoD:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se realizó la prueba funcional de esta historia de usuario dando como resultado un estatus exitoso.</li> </ul>			

**Tabla 11:** Historia de Usuario 5, limpiar datos.

<b>HISTORIA DE USUARIO (HU)</b>			
<b>Código HU:</b>	HU0005	<b>Fecha:</b>	21/07/2021
<b>Sprint:</b>	5	<b>Prioridad:</b>	Alta
<b>Actores:</b>	Usuario	<b>Puntos:</b>	3
<b>Descripción:</b> Como usuario requiero que la aplicación me permita limpiar los datos para tomar nuevas muestras.			

<p><b>Detalles de la HU:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El usuario da clic en el botón “Nuevo dato”.</li> <li>• Se limpian los datos obtenidos.</li> <li>• Finalmente, la aplicación toma datos nuevos.</li> </ul>
<p><b>Restricciones:</b> Ninguna</p>
<p><b>Criterios de aceptación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguna.</li> </ul>
<p><b>DoD:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se realizó la prueba funcional de esta historia de usuario dando como resultado un estatus exitoso.</li> </ul>

#### 4.3.1.1.2. Puntos de historia de usuarios

**Tabla 12:** Puntos de historia de usuario.

Historia de usuario	Puntos de historia
HU0001	3
HU0002	3
HU0003	3
HU0004	3
HU0005	3

#### 4.3.1.2. Diseño

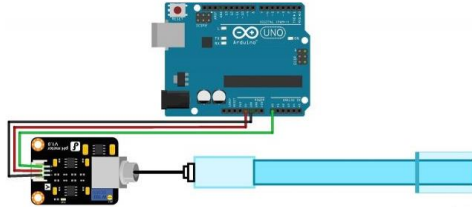
Para el diseño de la aplicación se tomó en cuenta las historias de usuario, además, un modelador para las bases de datos.

#### 4.3.1.3. Desarrollo

##### 4.3.1.3.1. Diseño del prototipo

Se enlaza el puerto GND (toma de tierra) de la placa arduino con el GND de la placa del sensor, posteriormente se conecta la parte del voltaje (5V) de la placa de arduino con el conector del voltaje de la placa del sensor, seguidamente del puerto

A0 (Entrada analógica) con la entrada analógica de la placa del sensor de Ph como se muestra en la figura 18.



**Figura 18:** conexión de arduino uno con el sensor de pH E201-BCN

Una vez desarrollado el circuito, se procede con la programación del sensor de pH el cual cuenta con la constante “pHpin” que va tomar el valor analógico de los datos que emita el sensor, y una variable flotante “Po” la cual se encarga de leer e invertir el valor de entrada analógica del sensor de pH y luego generar una escala de 0-14. Con la sentencia for limitamos al código a que tome solo 4 datos y por último cerramos la función loop con un exit (0), como se indica en la figura 19.

```
// Constantes:
const byte pHpin = A0;// Conectar la salida Po del sensor al pin analógico 0.

// Variables:
float Po;
int i=0;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  for ( i=0; i< 4; i++){
    Po = (1023 - analogRead(pHpin)) / 25.50; // Leer e invertir analógica a digita el sensor de pH y luego escale 0-14.
    Serial.println(Po, 2);// Imprimir el resultado en el monitor de serie.
    delay(5000);// Toma 5 lectura por segundo.
  }
  Serial.end();
  exit(0);
}
```

**Figura 19:** Programación de sensor de pH E201-BCN en el IDE arduino.

En Java se crea una clase la cual permite conectar con arduino haciendo función de su librería PanamaHitek\_Arduino, en este caso la versión 3.0.0, se abre el puerto, en este caso “COM3” con la ayuda de la función “arduinoRX” la cual permite transmitir los datos de arduino a java, como se observa en la figura 20.

```

public class Arduino extends javax.swing.JFrame {

    PanamaHitek_Arduino ino = new PanamaHitek_Arduino();
    SerialPortEventListener listener;

    public Arduino() {
        this.listener = new SerialPortEventListener() {
            @Override
            public void serialEvent(SerialPortEvent spe) {
                try {
                    if (ino.isMessageAvailable()) {
                        System.out.print((ino.printMessage()) + "\n");
                    }
                } catch (SerialPortException ex) {
                    Logger.getLogger(Arduino.class.getName()).log(Level.SEVERE, null, ex);
                } catch (ArduinoException ex) {
                    Logger.getLogger(Arduino.class.getName()).log(Level.SEVERE, null, ex);
                }
            }
        };
        initComponents();

        try {
            ino.arduinoRX("COM3", 9600, listener);
        } catch (ArduinoException ex) {
            Logger.getLogger(Arduino.class.getName()).log(Level.SEVERE, null, ex);
        } catch (SerialPortException ex) {
            Logger.getLogger(Arduino.class.getName()).log(Level.SEVERE, null, ex);
        }
    }
}

```

**Figura 20:** Clase que permita que java obtenga los datos enviados por el sensor de pH.

Luego de la codificación de arduino se desarrolló el modelo de base de datos y su respectiva conexión con Java como se muestran en las figura 21 y 22.

agua dato	agua fecha
coddat : int(11)	codfecha : int(11)
datuno : double	hora : varchar(24)
datdos : double	día : varchar(10)
datres : double	mes : varchar(10)
dacuatro : double	año : varchar(10)
codprome : varchar(20)	

**Figura 21:** Diseño de la base de datos.

```

package sistema_prediccion;

import java.sql.Connection;
import java.sql.DriverManager;
import java.sql.Statement;

/**
 *
 * @author
 */
public class CONEXION {
    Connection cn;

    public Connection CONEXION() {
        try {
            Class.forName("com.mysql.jdbc.Driver");
            cn = DriverManager.getConnection("jdbc:mysql://localhost/agua", "root", "");
            System.out.print("conexion exitosa");
        } catch (Exception e) {
            System.out.print(e.getMessage());
        }
        return cn;
    }

    Statement createStatement() {
        throw new UnsupportedOperationException("no soportado");
    }
}

```

**Figura 22:** Código de la conexión de la base de datos con java.

Una vez que la conexión para que la aplicación reciba los datos del arduino y el modelo de base de datos ya este creado se procede a guardar los datos en la base de datos en este caso “agua” como se puede observar en la figura 23.

```

try {
    PreparedStatement pps = cn.prepareStatement("insert fecha (hora,dia,mes,anio) values(?,?,?,?)");
    pps.setString(1, Output);
    pps.setString(2, dial);
    pps.setString(3, mes1);
    pps.setString(4, anio1);
    pps.executeUpdate();
} catch (SQLException ex) {
    Logger.getLogger(dato.class.getName()).log(Level.SEVERE, null, ex);
}
try {
    PreparedStatement pps = cn.prepareStatement("insert into dato (datuno,datdos,datres,dacuatro,codprom) values (?, ?, ?, ?, ?)");
    pps.setDouble(1, vec[1]);
    pps.setDouble(2, vec[2]);
    pps.setDouble(3, vec[3]);
    pps.setDouble(4, vec[4]);
    double p;
    p = ((vec[1] +vec[2]+ vec[3]+vec[4]) / 4);
    String x;
    x=String.valueOf(p);
    txtpromedio.setText(x);
    pps.setString(5, x);
    pps.executeUpdate();
    JOptionPane.showMessageDialog(null, "DATOS INGRESADOS");
} catch (SQLException ex) {
    Logger.getLogger(dato.class.getName()).log(Level.SEVERE, null, ex);
}

```

**Figura 23:** Código el cual nos permite guardar los datos en la base de datos.

#### 4.3.1.3.2. Recogida y análisis de datos



**Figura 24:** Recolección de datos con el sensor de pH en la parroquia Ignacio Flores.

En la figura 24 se observa la adquisición de datos por medio del sensor de pH. Se tomaron 4 muestras aleatorias de cada terreno para poder hacer el promedio general de cada terreno y una muestra general para el análisis en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias –INIAP.



**Figura 25:** Interfaz de obtención de datos de pH.

Esta es la interfaz del sistema, donde se reciben los datos otorgados por el sensor de pH mediante una tabla donde se muestra la hora y el porcentaje de pH, seguidamente del cálculo promedio de los datos adquiridos, como se puede apreciar en la figura 25.

#### 4.3.1.3.3. Desarrollo y muestra de interfaces.

En la figura 26 se puede apreciar en la interfaz desarrollada en el IDE Netbeans donde se realiza el proceso de obtención de datos de pH de los suelos de plantaciones de maíz.



**Figura 26:** Desarrollo de la historia de usuario 1: "recolectar datos".

En la figura 27 se visualiza el resultado de los datos obtenidos mediante un promedio general, albergados en el recuadro "PROMEDIO pH".



**Figura 27:** Desarrollo de la historia de usuario 2: "cálculo de promedio".

En la figura 28 se aprecia el mensaje “DATOS INGRESADOS” el cual confirma que los datos obtenidos por el sensor de pH y el promedio generado han sido guardados en la base de datos.



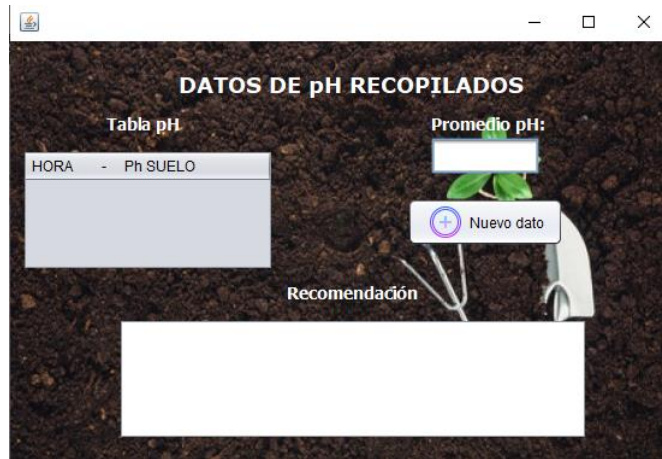
**Figura 28:** Desarrollo de la historia de usuario 3: "guardar datos".

En la figura 29 se visualiza el recuadro donde presentan las recomendaciones para los agricultores en base al pH analizado.



**Figura 29:** Desarrollo de la historia de usuario 4: "mensaje de recomendación".

En la figura 30 se visualiza el funcionamiento del botón “Nuevo dato”, el cual tiene como función limpiar los datos de la tabla y del recuadro de promedio para poder realizar una nueva toma de muestras.



**Figura 30:** Desarrollo de la historia de usuario 4: "limpiar datos".

#### 4.3.1.4. Pruebas

**Caso de prueba:** recolectar datos.

**Tabla 13:** Caso de prueba CP001

<b>Historia de usuario:</b> HU001		<b>Autor del Caso de Prueba:</b> Kevin De La Cruz	
<b>ID/Nombre Caso de Prueba:</b> CP001		<b>Fecha de Creación:</b> 12 de Abril del 2021	
Versión 1.0		<b>Fecha de Ejecución:</b> 19 de Abril del 2021	
<b>Flujo de pasos de la Prueba:</b>			
Nro.	Descripción del paso	Resultado Esperado	Resultado Obtenido
1	La aplicación debe permitir la obtención de datos del sensor de pH	La aplicación permite obtención de datos del sensor de pH.	La aplicación si permite la obtención de datos del sensor de pH.
<b>Decisión de Aprobación del Caso de Prueba:</b> Aprobó: <input type="checkbox"/> Fallo: <input type="checkbox"/>			

**Caso de prueba:** calcular promedio.

**Tabla 14:** Caso de prueba CP002

<b>Historia de usuario:</b> HU002		<b>Autor del Caso de Prueba:</b> Kevin De La Cruz	
<b>ID/Nombre Caso de Prueba:</b> CP002		<b>Fecha de Creación:</b> 20 de Abril del 2021	
Versión 1.0		<b>Fecha de Ejecución:</b> 30 de Abril del 2021	

<b>Flujo de pasos de la Prueba:</b>			
<b>Nro.</b>	<b>Descripción del paso</b>	<b>Resultado Esperado</b>	<b>Resultado Obtenido</b>
1	La aplicación debe permitir el cálculo de los datos ingresados y genera un promedio general.	La aplicación permite el cálculo de los datos ingresados y genera un promedio general.	La aplicación genera el promedio de los datos ingresados.
<b>Decisión de Aprobación del Caso de Prueba:</b> Aprobó: <u>  x  </u> Fallo: <u>  </u>			

**Caso de prueba:** guardar datos.

**Tabla 15:** Caso de prueba CP003

<b>Historia de usuario:</b> HU003		<b>Autor del Caso de Prueba:</b> Kevin De La Cruz	
<b>ID/Nombre Caso de Prueba:</b> CP003		<b>Fecha de Creación:</b> 1 de Mayo del 2021	
Versión 1.0		<b>Fecha de Ejecución:</b> 14 de Mayo del 2021	
<b>Flujo de pasos de la Prueba:</b>			
<b>Nro.</b>	<b>Descripción del paso</b>	<b>Resultado Esperado</b>	<b>Resultado Obtenido</b>
1	La aplicación debe permitir que los datos obtenidos y el promedio generado sean guardados en la base de datos.	La aplicación permite que los datos obtenidos y el promedio generado sean guardados en la base de datos.	La aplicación guarda los datos en la base de datos.
<b>Decisión de Aprobación del Caso de Prueba:</b> Aprobó: <u>  x  </u> Fallo: <u>  </u>			

**Caso de prueba:** mensaje de recomendación.

**Tabla 16:** Caso de prueba CP004

<b>Historia de usuario:</b> HU004		<b>Autor del Caso de Prueba:</b> Kevin De La Cruz	
<b>ID/Nombre Caso de Prueba:</b> CP004		<b>Fecha de Creación:</b> 21 de Julio del 2021	
Versión 1.0		<b>Fecha de Ejecución:</b> 23 de Julio del 2021	
<b>Flujo de pasos de la Prueba:</b>			
<b>Nro.</b>	<b>Descripción del paso</b>	<b>Resultado Esperado</b>	<b>Resultado Obtenido</b>

1	La aplicación debe permitir visualizar un mensaje de recomendación si el suelo es ácido, neutro o alcalino.	La aplicación permite visualizar un mensaje de recomendación si el suelo es ácido, neutro o alcalino.	La aplicación si permite la recomendación en base al pH.
<b>Decisión de Aprobación del Caso de Prueba:</b> Aprobó: <u>  x  </u> Fallo: <u>  </u>			

**Caso de prueba:** limpiar datos.

**Tabla 17:** Caso de prueba CP005

<b>Historia de usuario:</b> HU005		<b>Autor del Caso de Prueba:</b> Kevin De La Cruz	
<b>ID/Nombre Caso de Prueba:</b> CP005		<b>Fecha de Creación:</b> 21 de Julio del 2021	
Versión 1.0		<b>Fecha de Ejecución:</b> 23 de Julio del 2021	
<b>Flujo de pasos de la Prueba:</b>			
Nro.	Descripción del paso	Resultado Esperado	Resultado Obtenido
1	La aplicación debe permitir la limpieza de los datos para generar una nueva muestra de datos.	La aplicación permite la limpieza de los datos para generar una nueva muestra de datos.	La aplicación si permite la limpieza de datos.
<b>Decisión de Aprobación del Caso de Prueba:</b> Aprobó: <u>  x  </u> Fallo: <u>  </u>			

## 5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### 5.1. Análisis sustentado de las metodologías XP y SEMMA aplicado al desarrollo de la Inteligencia artificial.

Mediante la metodología XP se pudo desarrollar la interfaz para la obtención del pH la cual ayuda como variable de entrada en la red neuronal, como se puede observar en la figura 26 el cual se visualiza los datos obtenidos por el sensor y la interfaz

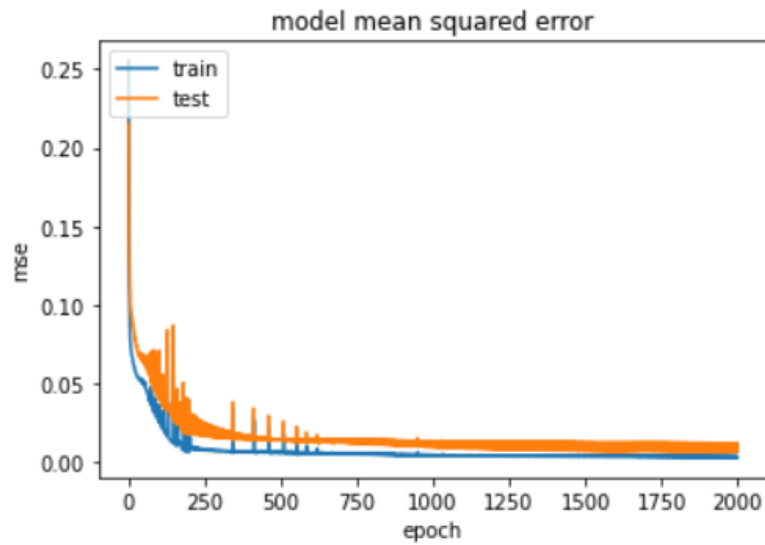
Y a través de la metodología SEMMA se pudo realizar la red neuronal determinando cual es la variable de entrada y cuál es la variable de salida ayudando de esta manera a dar valoraciones a todos los elementos dependiendo del pH del suelo y teniendo como resultado una tabla de valoraciones como se lo muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 18** Valoración de todos los elementos mediante la red neuronal

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>Nitrógeno</b>	30,59	28,25	28,54	28,73	56,17	59,08	71,29	64,98	54,93	49,95	55,32	44,66	48,7	45,64
<b>Fósforo</b>	59,4	48,1	37,42	29,60	46,44	73,62	84,28	90,38	67,22	50,74	50,13	49,53	48,92	48,32
<b>Potasio</b>	0,1311	0,1313	0,1336	0,2717	0,9435	1,4039	1,4297	1,4688	1,5473	1,6259	1,7058	1,7939	1,882	1,9696
<b>Calcio</b>	1,29	1,82	3,47	3,61	27,53	25,5	26,1	27,07	27,55	33,81	47,66	65,69	83,7	101,72
<b>Magnesio</b>	0,21	0,221	0,225	0,23	1,08	1,41	1,39	1,52	1,38	0,49	0,95	1,01	1,07	1,14

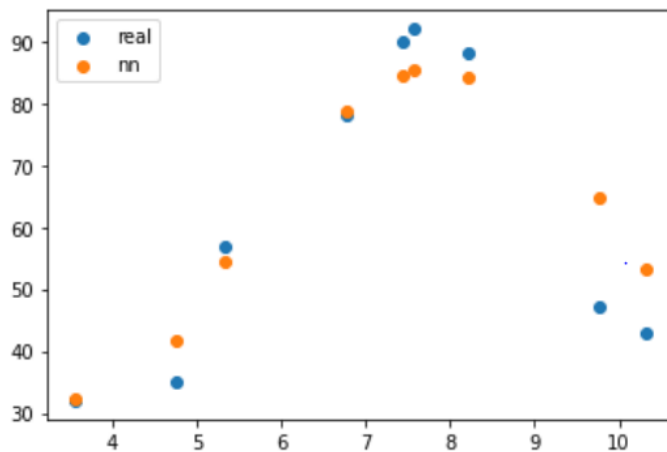
### 5.2. Nivel de confianza

El nivel de confianza se lo está realizando mediante el mse el cual a través de una gráfica desarrollada en la misma red neuronal nos arrojó el siguiente grafico en el cual se puede observar claramente que nuestro modelo es inestable hasta el epoch 600 y a partir de ese epoch empieza a ser estable y bajando el mse.



**Figura 31** MSE del elemento Fosforo

A continuacion pasamos a visualizar los datos reales y los datos de prediccion en el cual los puntos azules representan a los reales y los anaranjados a la prediccion mediante la red neuronal.



**Figura 32** Datos reales y datos de la red neuronal

A su vez esto lo vemos mediante la exactitud de nuestro modelo y la precision el cual nos arroja una exactitud de 0.77777 el cual es una exactitud apta para la red y una precision de 1 dándonos como fiabilidad a nuestro modelo elaborado

```
precision: 1.0
Accuracy: 0.7777777777777778
```

**Figura 33** Exactitud y precisión del modelo

### 5.3.Comprobación de hipótesis.

Mediante la red neuronal se puede realizar una valoración de los nutrientes esto se lo realizado de la siguiente manera primero se coge el elemento a valorar en este caso lo vamos a realizar mediante el fosforo el cual se elabora así:

En la interfaz vinculada con la red neuronal se le pone el valor del pH en este caso el pH es de 1 dando una valoración del calcio de 1,29



**Figura 34** Porcentaje del elemento referente al pH 1 del suelo

Luego procedimos con el pH de 2 el cual nos arroja un valor de 1,82



**Figura 35** Porcentaje del elemento referente al pH 2 del suelo

Este proceso se lo va a realizar con los 5 elementos y dándoles los valores al pH del suelo del 1-14 de esta manera se pudo sacar una valoración para todos los elementos dándonos como resultado la siguiente tabla.

**Tabla 19** Valoración de todos los elementos mediante la red neuronal

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Nitrógeno	30,59	28,25	28,54	28,73	56,17	59,08	71,29	64,98	54,93	49,95	55,32	44,66	48,7	45,64

<b>Fósforo</b>	59,4	48,1	37,42	29,60	46,44	73,62	84,28	90,38	67,22	50,74	50,13	49,53	48,92	48,32
<b>Potasio</b>	0,1311	0,1313	0,1336	0,2717	0,9435	1,4039	1,4297	1,4688	1,5473	1,6259	1,7058	1,7939	1,882	1,9696
<b>Calcio</b>	1,29	1,82	3,47	3,61	27,53	25,5	26,1	27,07	27,55	33,81	47,66	65,69	83,7	101,72
<b>Magnesio</b>	0,21	0,221	0,225	0,23	1,08	1,41	1,39	1,52	1,38	0,49	0,95	1,01	1,07	1,14

#### 5.4.Arquitectura del módulo desarrollado

En este apartado se presenta los resultados del módulo desarrollados a través de las herramientas seleccionadas y la aplicación de las prácticas descritas en el apartado de la metodología.

#### 5.5.Miembros del equipo de desarrollo

El proyecto está integrado por el siguiente equipo de desarrollo:

**Tabla 20:** Rol de equipo. Entrenador (Coach)

<b>Nombre</b>	Ing. Miryan Dorila Iza Carate
<b>Rol</b>	Entrenador (Coach)
<b>Responsabilidad</b>	Revisión de la aplicación
<b>Información Contacto</b>	miryan.iza@utc.edu.ec

**Tabla 21:** Rol de equipo. Programador.

<b>Nombre</b>	Kevin Fernando De La Cruz Medina
<b>Rol</b>	Programador
<b>Responsabilidad</b>	Generar Código de la aplicación
<b>Información Contacto</b>	kevin,delacruz7618@utc.edu.ec

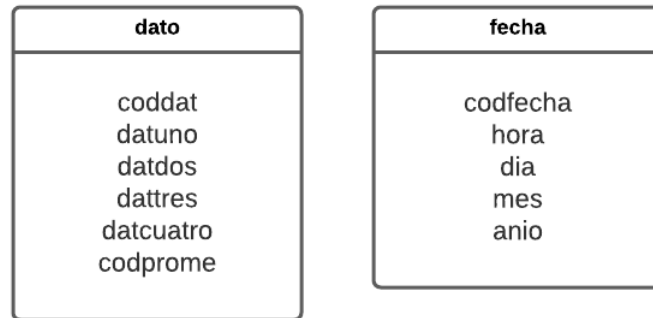
**Tabla 22:** Rol de equipo. Encargado de pruebas.

<b>Nombre</b>	Brayan Eduardo Montaguano Asimbaya
<b>Rol</b>	Encargado de pruebas
<b>Responsabilidad</b>	Realizar las pruebas necesarias de la aplicación

<b>Información Contacto</b>	brayan.montaguano1869@utc.edu.ec
-----------------------------	----------------------------------

### 5.6. Modelo de datos

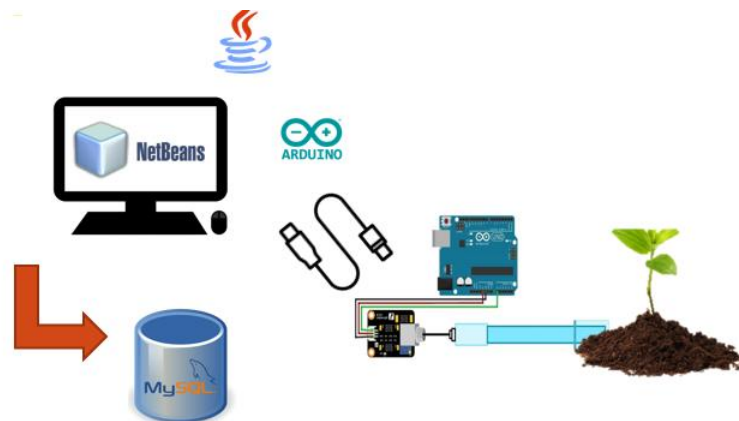
En la figura 2 se aprecia el modelo de datos empleado en la investigación para la recolección de datos de pH en los suelos de las plantaciones de maíz.



**Figura 36:** Modelo de base de datos.

### 5.7. Método para calcular el pH del suelo

Para determinar el nivel de pH o potencial de hidrogeno del suelo procedemos con la utilización del sensor, que debe estar conectado a nuestro computador, el sensor es introducido en el suelo de las plantaciones de maíz para obtener los datos de pH y guardarlos en la placa arduino, posteriormente esta información es enviada al IDE de desarrollo Netbeans en el cual mediante la interfaz desarrollada procesa los datos para generar un promedio general. Todos los datos tomados por el sensor y el resultado generado por la interfaz son guardados en la base de datos MySQL.



**Figura 37:** Proceso de obtención de pH.

## 5.8. Inteligencia Artificial

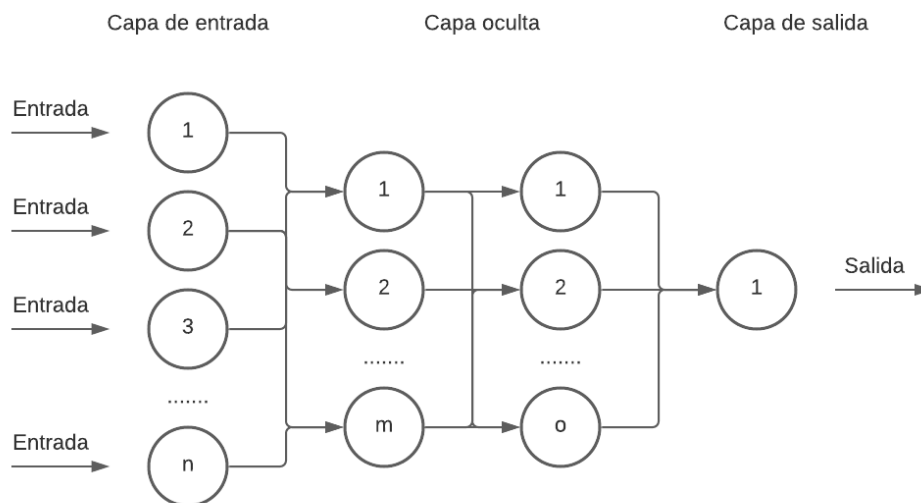
La Inteligencia artificial o “Artificial Intelligence” en inglés, es una de las ciencias de la informática que trata de simular o imitar el comportamiento y razonamiento humano por medio de máquinas y software, mediante el análisis de algoritmos y grandes cantidades de información, las cuales les permiten reconocer modelos o patrones y generar predicciones rápidas y precisas.

## 5.9. Técnicas de inteligencia artificial

### 5.9.1. Redes neuronales

También conocidas como RNA o su traducción al inglés como “neural networks”, son sistemas computacionales que asimilan o tratan de imitar las neuronas biológicas del cerebro humano, estas unidades están conectadas entre sí formando una red neuronal mediante algoritmos, con la finalidad de comprender y analizar datos como: texto, voz o imágenes. Las redes neuronales de nuestro cerebro reciben señales, la procesan y emiten una respuesta, del mismo modo las redes neuronales artificiales ejecutan estas acciones agrupando neuronas artificiales conectadas entre sí, en diferentes niveles o capas.

La capa de entrada y sus neuronas son las encargadas de recibir la información y distribuirlas hacia las demás capas, la capa siguiente se denomina capa oculta que es la encargada de procesar esta información y mandarla hacia la capa final, llamada capa de salida, la cual es la encargada de emitir el resultado final del proceso.



**Figura 38:** Diseño de una red neuronal.

### 5.10. Resultados

En la tabla 21, se puede apreciar los rangos de pH para cada elemento realizados con el modelo de regresión lineal simple, donde el color verde representa que el suelo es apto para el cultivo y desarrollo del maíz, el color anaranjado manifiesta que el suelo posee entre 50% y 70% del elemento y el color rojo hacia la izquierda representa carencia del elemento haciéndolo ácido y hacia el lado derecho un exceso del elemento haciéndolo alcalino.

**Tabla 23:** Clasificación del pH

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>Nitrógeno</b>	30,59	28,25	28,54	28,73	56,17	59,08	71,29	64,98	54,93	49,95	55,32	44,66	48,7	45,64
<b>Fósforo</b>	59,4	48,1	37,42	29,60	46,44	73,62	84,28	90,38	67,22	50,74	50,13	49,53	48,92	48,32
<b>Potasio</b>	0,1311	0,1313	0,1336	0,2717	0,9435	1,4039	1,4297	1,4688	1,5473	1,6259	1,7058	1,7939	1,882	1,9696
<b>Calcio</b>	3,18	3,43	3,47	3,61	27,53	25,5	26,1	27,07	27,55	33,81	47,66	65,69	83,7	101,72
<b>Magnesio</b>	0,21	0,221	0,225	0,23	1,08	1,41	1,39	1,52	1,38	0,49	0,95	1,01	1,07	1,14

En la tabla 24 se puede apreciar si los suelos de las plantaciones de maíz son ácidos, neutros o alcalinos en base a su pH.

**Tabla 24:** Acidez, Neutralidad, Alcalinidad según el pH.

<b>pH</b>	<b>RESULTADOS</b>
<b>1-2</b>	Altamente acido
<b>3-4</b>	Acido
<b>5-6</b>	Ligeramente acido
<b>7</b>	Neutro
<b>8-9</b>	Ligeramente alcalino
<b>10-11</b>	Alcalino
<b>12-14</b>	Altamente alcalino

### 5.11. Herramientas de desarrollo

En la tabla 25, se pueden visualizar las herramientas de desarrollo utilizadas en este proyecto. Estas herramientas son de gran ayuda ya que son el medio de comunicación entre los desarrolladores y la computadora. En el cual por medio de una interfaz gráfica de usuario el programador o desarrollador realiza instrucciones que posteriormente serán ejecutadas.

**Tabla 25:** Herramientas de desarrollo.

<b>Nombre</b>	<b>Versión</b>	<b>Justificación</b>
<b>Arduino IDE</b>	1.8.13	Se utilizó Arduino porque es un software de código abierto y fácil comprensión sirve para la comunicación con diferentes componentes electrónicos como: sensores, placas entre otros, en nuestro proyecto que se usó el sensor pH E201-BCN el cual es compatible con este software.
<b>Netbeans IDE</b>	8.2	Se utilizó Netbeans porque es un software gratuito y de uso libre que trabaja con el lenguaje de programación Java y posee un extenso número de módulos para poder trabajar además de su fácil conexión con varios componentes externos.

<b>Spyder IDE</b>	3.8	Se utilizó Spyder ya que es un entorno de desarrollo gratuito de código abierto multiplataforma que trabaja con el lenguaje de programación Python.
<b>XAMPP</b>	7.2.4	Se utilizó Xampp porque es un software libre que nos ayudó con la gestión de la base de datos en este caso MySQL.

## 5.12. Herramientas de programación.

En la tabla 26, se pueden visualizar las herramientas de programación utilizadas en este proyecto. Estas herramientas son un complemento de las de desarrollo ya que ayudan en su desarrollo también se puede apreciar las librerías que facilitaron la conexión.

**Tabla 26:** Herramientas de programación.

Aspecto	Descripción	Justificación
<b>Lenguaje de Programación</b>	Java	Se utilizó el lenguaje de programación java por su fácil entendimiento y por su amplia cantidad de información disponible, adema de que es un lenguaje adaptable a la mayoría de IDEs de desarrollo.
<b>Lenguaje de Programación</b>	Python	Se utilizó el lenguaje de programación Python porque es gratuito, multiplataforma, no se limita a un solo área de conocimiento y además tiene gran respaldo en la comunidad.
<b>Base de datos</b>	MySQL	Se utilizó MySQL porque permite almacenar datos sin la necesidad de estar conectado a internet.
<b>Librería</b>	Panamahitek	Se utilizó la librería Panamahitek ya que esta nos permite realizar la

		comunicación entre arduino y el IDE de desarrollo Netbeans.
--	--	---

## **6. PRESUPUESTO Y ANALISIS DE IMPACTO**

### **6.1. Estimación de Costo del Software por puntos de historia**

Para la estimación de costos de software se realizó por puntos de historia de usuario obtenidos de la tabla 12, el presente proyecto tiene un total de 5 Historias de Usuario con los puntos designados a cada uno de ellos.

**Tabla 27:** Datos para el cálculo de Desarrollo de Software por puntos de historia

Datos	Costo	Días	Horas	P. Historia
<b>Sueldo del programador(S)</b>	\$419,81	-	-	-
<b>Días laborables (dl)</b>	-	20	-	-
<b>Horas laborables (hl)</b>	-	-	8	-
<b>Total de puntos de historias (tdh)</b>	-	-	-	15
<b>Horas trabajadas (ht)</b>	-	-	7	-

### **Presupuesto**

pph= Precio por hora

CD= Costo de Desarrollo

### **Cálculo**

$pph = (S/20)/hl$

$pph = (419,81/20)/8$

**pph= 2,62**

$CD = (tdh*ht)pph$

$CD = (15*7)2,62$

**CD= 275.10**

El costo para desarrollo de software es de \$275.10

## 6.2.Presupuesto

Se incluye los gastos de la implementación de la propuesta tecnológica en términos de precios y cantidades reales de acuerdo con los rubros:

- Directos
- Indirectos

### 6.2.1. Gasto Directo

**Tabla 28.** Estimación de costos de los gastos indirectos

Rubro	Cantidad	Valor Unitario, USD \$	Total, USD \$
<b>Desarrollo de Software (Costo Estimado en base a Puntos de Historia de Usuario)</b>	1	275,10	275,10
<b>Energía Eléctrica</b>	4	18,00	72,00
<b>Internet</b>	4	30,00	120,00
<b>Pruebas de laboratorio</b>	9	12.86	115,74
<b>Total, USD \$</b>			<b>582,84</b>

### 6.2.2. Gatos Indirectos

**Tabla 29.** Estimación de costos de los gastos indirectos

Rubro	Cantidad	Valor Unitario, USD \$	Total, USD \$
<b>Alimentación</b>	140	1,50	210,00
<b>Comunicación (Celular)</b>	140	1,50	210,00
<b>Trasporte urbano</b>	4	0.25	1
<b>Trasporte rural</b>	5	2.50	12,50
<b>Total, USD \$</b>			<b>433,50</b>

### 6.2.3. Gasto General

**Tabla 30.** Estimación de Gasto General

Gasto Directo	582,84
Gasto Indirecto	433,50
Gasto Total	1016,34
Gastos Imprevistos 12%	121,96
Total	1138,30

## **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **7.1.Conclusiones**

- En base a los análisis y revisiones bibliográficas en revistas de alto impacto se pudo conocer y adquirir conocimiento sobre el uso de la inteligencia artificial en la agricultura y estudio del suelo además se nos permitió identificar las herramientas y metodologías que fueron aplicadas dentro del desarrollo del proyecto.
- Se concluye que mediante la adaptación de la metodología SEMMA y sus fases dentro de la investigación para el desarrollo de la red neuronal artificial fue satisfactoria, ya que se logró realizar la predicción de la cantidad de elemento que existe en base a al pH de los suelos en plantaciones de maíz.
- Se concluye que el desarrollo del prototipo de inteligencia artificial deja como resultado una valoración de elementos como: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, en base a su pH, para que los agricultores de la parroquia Ignacio Flores puedan tener una guía de los elementos que posee su suelo.

### **7.2.Recomendaciones**

- Desarrollar una aplicación móvil la cual permita a los agricultores tener valoraciones sobre el estudio del suelo para que de esta manera puedan mejorar sus cultivos.
- Realizar una página web donde se guarden y muestren los datos, valoraciones obtenidos por la investigación así como la información de futuras investigaciones con el fin de tener un respaldo, seguir generando y almacenando más datos para obtener mejores valoraciones para los agricultores.
- Para futuras investigaciones relacionadas con el tema de estudio, tomar en consideración el análisis de más variables asociadas al suelo, ejemplo: humedad, además, de generar una muestra más grande de datos para que el proceso de red neuronal artificial arroje datos más precisos.

## 8. GLOSARIO DE TÉRMINOS

### 8.1. Definiciones, siglas, y abreviaturas

Tabla 31: Definiciones, siglas y abreviaturas

Siglas	Definición
IA	Inteligencia Artificial.
N	Nitrógeno
P	Fósforo.
K	Potasio.
Ca	Calcio
Mg	Magnesio.
HU	Historias de Usuario
pH	Potencial de hidrogeno
INIAP	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
S	Salario del programador
dl	Dias laborables.
hl	Horas laborables.
tdh	Total de puntos de historia.
ht	Horas trabajadas.
pph	Precio por hora
CD	Costo de desarrollo.
H	Hidrógeno.
TIC	Tecnología de la información y comunicación.
m	Metro.
IDE	Entorno de desarrollo integrado
CASE	Ingeniería de software asistida por computadora.
PHP	Preprocesador de hipertexto.
RNA	Red neuronal artificial.

<b>GND</b>	Nodo de referencia o puesto a tierra.
------------	---------------------------------------

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] L. Katherine, C. Santos, I. Ramírez, R. Bismark, and Grazón Javier, “Innovaciones tecnológicas en el Sector Agropecuario,” *Innovación tecnológica en el Sect. Agropecu.*, vol. 2, no. 1, p. 130, 2015, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/308938342%0AInnovación%0Ahttp://www.useoft echnology.com/technology-agriculture/>.
- [2] Menegatti., “Inteligencia artificial para controlar la fertilidad del suelo - MundoGEO,” *InCeres*. <https://mundogeo.com/es/2018/05/17/inteligencia-artificial-para-controlar-la-fertilidad-del-suelo/> (accessed Aug. 01, 2021).
- [3] Municipio Cantonal de Goonzanamá, “Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Zapotillo,” *GAD Gonzanamá*, no. 2013, pp. 399–404, 2019.
- [4] J. Yusuf Sukman, ““Análisis espacial del cantón latacunga para determinar áreas aptas para la reubicación de damnificados de la parroquia José Guango bajo afectados por el volcán Cotopaxi, en el caso de una erupción con un índice de explosividad volcánica cuatro (PLINIANA),” *Вестник Росздравнадзора*, vol. 4, pp. 9–15, 2017.
- [5] E. G. Gualpa Cando and D. A. Rubio Rubio, “Universidad técnica de cotopaxi,” *Univ. Técnica Cotopaxi Fac.*, vol. 1, p. 101, 2018, [Online]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4501/1/PI-000727.pdf>.
- [6] T. Hardy, “IA: Inteligencia Artificial,” *Polis, Rev. la Univ. Boliv.*, vol. 1, no. 2, p. 12, 2001, [Online]. Available: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30500219%0ACómo>.
- [7] A. Ramiro and V. Alvarado, “M . Sc . Aldo Ramiro Valdez Alvarado,” no. May 2018, 2020, doi: 10.13140/RG.2.2.28886.19527.
- [8] Anonimo, “Aprendisaje supervisado y no supervisado,” *Intel. Artif. - Mach. Learn. Aprendizaje supervisado*, vol. volumen 1, p. 283, 1386.
- [9] D. J. Matich, “Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones.,” *Historia Santiago.*, p. 55, 2001, [Online]. Available: <ftp://decsai.ugr.es/pub/usuarios/castro/Material-Redes-Neuronales/Libros/matich-redesneuronales.pdf>.
- [10] “Ingeniería del software - Ian Sommerville - Google Libros.” <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=gQWd49zSut4C&oi=fnd&pg=PA1&dq=softw>

are&ots=s818qqwyxf&sig=UnHsZMAkVtMa9Yjuzua4VibP6fQ#v=onepage&q=software&f=false (accessed Jul. 23, 2021).

- [11] J. Sánchez Lòpez, “SOFTWARE 1. Sistema Operativo. Software de Aplicación.,” *REDcirculos*, p. 10, 2012, [Online]. Available: <https://proyectocirculos.files.wordpress.com/2013/11/software.pdf>.
- [12] Rosa Erendira Reyes Luna, “Propósito de la Unidad de Aprendizaje,” *Cent. Univ. UAEM Zumpango Ing. en Comput.*, vol. Volumen 1, no. Unidades de aprendizaje, p. 42, 2015.
- [13] Juan Carlos Moreno Pérez, “Entornos de desarrollo,” *España, Madrid - Sint. Editor.*, vol. Volumen 1, no. Entornos de desarrollo, p. 127.
- [14] P. Corcuera, “Programación de Arduino,” *Dpto. Matemáticas Apl. y Ciencias la Comun. Univ. Cantab.*, pp. 1–27, 2009, [Online]. Available: <https://personales.unican.es/corcuerp/progucont/slides/Arduino.pdf>.
- [15] D. S. Hermiyanty, Wandira Ayu Bertin, “Curso de Arduino Leccion 1,” *Proserquisa-Equipo Lab. didáctico*, vol. volumen 1, no. 9, pp. 1–58, 2017.
- [16] J. Manuel, G. Jos, and L. Gonz, “Introducción a Netbeans ¿ Qué es Netbeans ?,” 2011, [Online]. Available: <http://ocw.udl.cat/enginyeria-i-arquitectura/programacio-2/continguts-1/1-introduccioi81n-a-netbeans.pdf>.
- [17] C. de tecnologia informatica (SAO saraoro@alumni.unav.es), “Introducción al lenguaje JAVA,” pp. 1–25, 2000, [Online]. Available: <http://www.unav.es/SI/manuales/Java/indice.html>.
- [18] O. P. M. D. Rafael Camps Paré, Luis Alberto Casillas Santillán, Dolors Costal Costa, Marc Gibert Ginestà, Carme Martín Escofet, *Tropical diseases. 2. Malaria. (II). Management and treatment.*, vol. primera ed, no. 12. Barcelona - España, 2005.
- [19] A. F. S. O. L. A. P. Rativa, “Caldas - Facultad Tecnológica Manual Del Programador,” *Sist. Inf. Web Para La Optim. Del Proceso Gestión Y Adm. Los Lab. Informática La Univ. Dist. Fr. José Caldas - Fac. Tecnológica*.
- [20] L. M. C. Artero, M. Noguerras, A. Mánuel, “PH Sensor,” *Instrum. Viewp.*, vol. Volumen 1, no. Num. 13, pp. 23–24, 2012, [Online]. Available:

<https://raco.cat/index.php/Instrumentation/article/view/276230?articlesBySameAuthorPage=5>.

- [21] R. Montequín *et al.*, “Metodologías Para La Realización De Proyectos De Data Mining,” *VII Congr. Int. Ing. Proy.*, pp. 257–265, 2003, [Online]. Available: [http://www.aepro.com/files/congresos/2003pamplona/ciip03\\_0257\\_0265.2134.pdf](http://www.aepro.com/files/congresos/2003pamplona/ciip03_0257_0265.2134.pdf).
- [22] J. M. SÁNCHEZ, “Pruebas de Software. Fundamentos y Técnicas,” vol. Tesis, p. 130, 2015, [Online]. Available: [http://oa.upm.es/40012/1/PFC\\_JOSE\\_MANUEL\\_SANCHEZ\\_PENO\\_3.pdf](http://oa.upm.es/40012/1/PFC_JOSE_MANUEL_SANCHEZ_PENO_3.pdf).
- [23] A. D. Chávez Rojas, “Calidad del software, el camino al éxito,” *Décima Prim. Reun. Otoño Potencia, Electrónica y Comput. del IEEE, XI ROPEC, Morelia 2009*, no. October 2009, p. 8, 2009, doi: 10.13140/2.1.2684.0322.
- [24] “Comportamiento y perspectivas de los métodos de evaluación y control de la fertilidad de los suelos,” *Rev. Cuba. Cienc. Agrícola*, vol. 38, no. 3, pp. 227–234, 2004.
- [25] G. Siso, “geografía,” *Terra Nueva Etapa*, vol. XXVI, no. 39, pp. 147–182, 2010, [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/589/58922904003.pdf>.
- [26] B. J. y V. R., *Introducción a la agronomía*, Versión 1., vol. 34, no. 8. Quito, Ecuador Diseño:, Edmundo Chiriboga N 47-72 y Jorge Aníbal Páez Teléfono:, 2004.
- [27] J. Daniel, “Introducción a la ciencia del suelo,” *Introd. a La Cienc. Del Suelo*, vol. Volumen 1, no. Universidad Nacional De Colombia Facultad de Ciencias., p. 619, 2002.
- [28] B. E. Coussirat. L., “Predicción de enlaces en redes sociales con enfoque de aprendizaje,” *Univ. Nac. del Cent. la Prov. buenos Aires-Facultad Ciencias Exactas- Ing. Sist.*, vol. volumen 1, p. 114, [Online]. Available: [https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/1460/Tesis Coussirat-Bongiorno.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/1460/Tesis%20Coussirat-Bongiorno.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- [29] B. R. Maria, E. Gaitan, B. R. Neldin, N. Pérez, and C. D. E. L. Documento, “Metologia Agil de Desenvolvimento de Software,” *Desenvolvimento Softw.*, 2016.

## 10.ANEXOS

### Anexo 1: Hoja de vida de investigadores



**NOMBRE:** KEVIN FERNANDO DE LA CRUZ MEDINA

**DOCUMENTO DE IDENTIDAD:** 172394761-8

**FECHA DE NACIMIENTO:** 01/07/1997

**LUGAR DE NACIMIENTO:** QUITO

**ESTADO CIVIL:** SOLTERO

**CIUDAD:** QUITO

**DIRECCIÓN:** Guamani, Coop. Padre Inocencio Jácome

**TELÉFONO LOCAL:** 3068945

**CELULAR:** 0983924649

**E-MAIL:** kevin.dlc97@gmail.com

**PROFESIÓN:** Estudiante Universitario (Ingeniería en Informática y Sistemas computacionales)

**ESTUDIOS PRIMARIOS:** Escuela Nueva primavera.  
Dirección: Guamani. / Quito.  
Escuela Valencia Herrera.  
Dirección: Guamani. / Quito.

**ESTUDIOS SECUNDARIOS:** Unidad Educativa Municipal Milenio Bicentenario.  
Dirección: Beaterio. / Quito.

**ESTUDIOS SUPERIORES:** Universidad Técnica de Cotopaxi

Ingeniería en Informática y Sistemas Computacionales.  
(Cursando 10mo nivel)

**CURSOS REALIZADOS Y CERTIFICADOS OBTENIDOS:**

- 15va. Edición del festival latinoamericano de instalación de software libre (FLIsoL).
- 16va. Edición del festival latinoamericano de instalación de software libre (FLIsoL).
- Cybersecurity Essentials / Cisco Academy.
- Programming Essentials in Python / Cisco Academy.
- Introducción a IoT / Cisco Academy.
- Introducción a IoT / Cisco Academy - UTC.



**NOMBRE:** BRAYAN EDUARDO MONTAGUANO  
ASIMBAYA

**DOCUMENTO DE IDENTIDAD:** 171916186-9

**FECHA DE NACIMIENTO:** 03/06/1996

**LUGAR DE NACIMIENTO:** QUITO

**ESTADO CIVIL:** SOLTERO

**CIUDAD:** ALOAG

**DIRECCIÓN:** Barrio Gualilagua

**TELÉFONO LOCAL:** 3669044

**CELULAR:** 0982874395

**E-MAIL:** montaguanobrayan@gmail.com

**PROFESIÓN:** Estudiante Universitario (Ingeniería en Informática y Sistemas computacionales)

**ESTUDIOS PRIMARIOS:** Escuela San Francisco.  
Dirección: Lorca. / Murcia.  
Escuela Valencia Herrera.

**ESTUDIOS SECUNDARIOS:** Unidad Educativa Machachi.  
Dirección: Machachi. / Mejía.

**ESTUDIOS SUPERIORES:** Universidad Técnica de Cotopaxi  
Ingeniería en Informática y Sistemas Computacionales.  
(Cursando 10mo nivel)

## **IDIOMAS**

- Universidad Técnica Cotopaxi – Suficiencia en Lenguaje Ingles

## **CURSOS REALIZADOS Y CERTIFICADOS OBTENIDOS:**

- **Universidad Técnica Cotopaxi:** 1ª CONFERENCIA INTERNACIONAL DE LA INOVACION INFORMATICA 40h
- **Cisco Academy:** Programming Essentials in Python

## Anexo 2: Certificados de centros Agropecuarios



Ingeniería  
Informática Y Sistemas  
Computacionales

### CERTIFICADO

Machachi 31 Julio de 2021

Yo **Willian Rolando Cayo Llumiluisa** con C.I.: **050259373-4** dueño del establecimiento **AGROPECUARIA "EL CHAGRA"** ubicado en la provincia de Pichincha, Machachi certifico que los estudiantes **Brayan Montaguano Asimbaya** con C.I.: **171916186-9** y **Kevin De La Cruz Medina** con C.I.: **172394761-8** pertenecientes a la **Universidad Técnica Cotopaxi** han trabajado con mi persona para obtener recomendación para el tratado del suelo, esto se lo ha hecho con la finalidad de ayudarle con información para el proyecto de tesis **PROTOTIPO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA EL ANÁLISIS DE SUELOS: CASO DE ESTUDIO PLANTAS DE MAÍZ.**

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad pudiendo los interesados hacer uso de este documento como estime conveniente.

**Willian Rolando Cayo Llumiluisa**

C.I. 050259373-4

**AGROPECUARIA EL CHAGRA**  
RUC.: 0502593734001  
MACHACHI - ECUADOR

Latacunga - Ecuador

Av. Simón Rodríguez s/n Barrio El Ejido / San Felipe. Tel: (03) 2252346 - 2252307 - 2252205



**CERTIFICADO**

Machachi 31 Julio de 2021

Yo **Humberto Ricardo Calapiña Chisaguano** con **C.I.: 171507918-0**, persona encargada del establecimiento **AGROQUIVAL S.A.** ubicado en la provincia de Pichincha, Machachi certifico que los estudiantes **Brayan Montaguano Asimbaya** con **C.I.: 171916186-9** y **Kevin De La Cruz Medina** con **C.I.: 172394761-8** pertenecientes a la **Universidad Técnica Cotopaxi** han trabajado con mi persona para obtener recomendación para el tratado del suelo, esto se lo ha hecho con la finalidad de ayudarlo con información para el proyecto de tesis **PROTOTIPO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA EL ANÁLISIS DE SUELOS: CASO DE ESTUDIO PLANTAS DE MAÍZ**. Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad pudiendo los interesados hacer uso de este documento como estime conveniente.

**Humberto Ricardo Calapiña Chisaguano**

**C.I.: 171507918-0**



31 JUL 2021



## CERTIFICADO

Alóag 31 Julio de 2021

Yo **Cinthy Nataly López Constante** con C.I.: **1724040959** dueña del establecimiento **AGROCONS** ubicado en la provincia de Pichincha barrio Alóag certificado que los estudiantes **Brayan Eduardo Montaguano Asimbaya** con C.I.: **171916186-9** y **Kevin Fernando De La Cruz Medina** con C.I.: **172394761-8** pertenecientes a la **Universidad Técnica Cotopaxi** han trabajado con mi persona para obtener recomendación para el tratado del suelo, esto se lo ha hecho con la finalidad de ayudarle con información para el proyecto de tesis **PROTOTIPO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA EL ANÁLISIS DE SUELOS: CASO DE ESTUDIO PLANTAS DE MAÍZ.**

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad pudiendo los interesados hacer uso de este documento como estime conveniente.



**Cinthy Nataly López Constante**  
C.I. 1724040959