



ESCUELA DE HÁBITAT, INFRAESTRUCTURA Y CREATIVIDAD

Tema:

DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA WEB PARA CONTROL Y OPTIMIZACIÓN DE FERTILIZACIÓN AGRÍCOLA

**Proyecto de investigación previo a la obtención del título de
Ingeniera en Tecnologías de la Información**

Línea de investigación:

TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN

Autora:

Keyla Lissette Vayas Ortega

Director:

Mg. Darío Javier Robayo Jácome

Ambato – Ecuador

Julio 2026

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo: **KEYLA LISSETTE VAYAS ORTEGA**, con cédula de ciudadanía **1805431747**, autora del trabajo de graduación intitulado: "DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA WEB PARA CONTROL Y OPTIMIZACIÓN DE FERTILIZACIÓN AGRÍCOLA", previa la obtención del título profesional de **INGENIERA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN**, en la escuela de **HÁBITAT, INFRAESTRUCTURA Y CREATIVIDAD**.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia de referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos del autor.
1. Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a difundir a través del sitio web de la Biblioteca de la PUCE Ambato, el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de la Universidad.

Ambato, julio 2026



Keyla Lissette Vayas Ortega
CC. 1805431747

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE AMBATO
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Tema:

DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA WEB PARA CONTROL Y OPTIMIZACIÓN DE FERTILIZACIÓN AGRÍCOLA

Línea de Investigación:

TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN

Autora:

Keyla Lissette Vayas Ortega

Darío Javier Robayo Jácome, Ing. Mg.

CC. 1802842268

CALIFICADOR

Teresa Milena Freire Aillón, Ing. Mg.

CALIFICADOR

Verónica Maribel Pailiacho Mena, Ing. Mg.

CALIFICADOR

Francisco Javier Echeverría Tamayo, Ing. Mg.

DIRECTOR ESCUELA DE HÁBITAT, INFRAESTRUCTURA Y CREATIVIDAD

Diego Gonzalo Coca Chanalata, Dr. Mg.

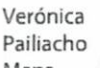
PROSECRETARIO PUCE AMBATO

Ambato – Ecuador

Julio 2026

f.  Validar documento en Firmado.
Firmado electrónicamente por:
DARIO JAVIER ROBAYO JACOME

f.  Firmado digitalmente por
TERESA MILENA
FREIRE AILLON
Fecha: 2026.07.24
12:53:41 -05'00'

f.  Firmado digitalmente
por Verónica Pailiacho
Mena
Fecha: 2026.07.27
09:47:07 -05'00'

f.  Validar documento en Firmado.
Firmado electrónicamente por:
FRANCISCO JAVIER ECHEVERRIA TAMAYO

f.  Firmado digitalmente
por DIEGO GONZALO
COCA CHANALATA
Fecha: 2026.07.24
17:15:29 -05'00'

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, por darme lo mejor y mucho más de lo que un hijo puede desear. Por cada esfuerzo, cada sacrificio y cada muestra de amor que hicieron posible que yo llegara hasta aquí.

A mi madre, Lidia Esthela Ortega Buenaño, a quien dedico este triunfo. Fuiste la persona más leal y bondadosa que he conocido, alguien que sin dudarlo dejó sus propios sueños de lado para ver a sus hijos triunfar, que postergó su felicidad y sus anhelos personales con tal de que a nosotros no nos faltara nada. Ese amor tan puro e incondicional es el mayor ejemplo que llevaré conmigo toda la vida. Estuviste presente en cada etapa de mi vida con tu calidez única y tu guía ejemplar, y aunque hoy me acompañas desde el cielo, sigo aprendiendo de ti en cada paso que doy. Este logro es tuyo, mamá, y prometo llevar tu legado en alto siempre.

A las mujeres de mi familia y amigas resilientes, quienes con su fuerza, sabiduría y valentía allanaron el camino para las generaciones que vinimos y que están por venir. Su ejemplo fue y es siempre una fuente de inspiración. Este trabajo honra también su esfuerzo y su legado.

A la familia Rivas Lalaleo, mi segundo hogar, quienes me abrieron sus puertas y me acogieron como uno más de los suyos. Su ejemplo de unidad, superación y amor constante ha sido una fuente constante de admiración e inspiración en mi vida y un motor para seguir creciendo cada día.

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios, por darme la fortaleza y la resiliencia para no rendirme en los momentos más difíciles del camino.

A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato y a la Escuela de Ingeniería en Sistemas por la formación académica recibida a lo largo de estos años. A cada uno de los ingenieros que, con dedicación, pasión y sabiduría, supieron guiar e impartir sus conocimientos en las aulas, dejando en mí no solo aprendizajes técnicos sino también una visión más amplia del mundo y de la profesión. Al Ing. Mg. Darío Javier Robayo Jácome, director de este trabajo, por su orientación, dedicación y apoyo constante durante el desarrollo de este proyecto.

A mi familia, quienes estuvieron desde el primer día, cuando todo era apenas un sueño. Gracias por creer en mí incluso en los momentos en que yo dudé, por cada palabra de aliento, por cada sacrificio y por nunca dejar de estar presentes. Este logro lleva su nombre tanto como el mío.

A todos esos amigos que hasta el día de hoy se han ido sumando en el camino y se convirtieron en parte esencial de este recorrido. Gracias por acompañarme en las noches largas, por celebrar cada avance y por hacer más llevadero cada obstáculo. Su compañía fue un regalo que valoro profundamente.

A mis compañeros de clase Andrés Morales y Bryan Sánchez, quienes fueron los verdaderos compañeros de aventura en esta etapa. Gracias por protegerme, por no soltarme en ningún momento y por retarme siempre a sacar lo mejor de mí. No pude haber tenido mejores personas a mi lado en esta travesía. Su amistad es uno de los regalos más grandes que me dejó esta carrera.

Cada una de estas personas fue clave no solo para culminar este trabajo, sino para formarme como persona y como profesional. De todas aprendí algo distinto: valores, disciplina, perseverancia, generosidad y el verdadero significado del

trabajo en equipo. Lo que soy hoy es también el resultado de haberlas tenido en mi camino.

A todos quienes, desde el punto de partida hasta la meta, aportaron su granito de arena para que esta etapa tan importante de mi vida pudiera culminarse con éxito.

Gracias por ser parte de este logro.

RESUMEN

El uso inadecuado de fertilizantes genera impactos negativos en la calidad del suelo, afectando su fertilidad y reduciendo el rendimiento de los cultivos, lo que conlleva pérdidas económicas para los agricultores. Esta problemática, identificada en el contexto del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) del Ecuador, motivó el desarrollo del presente proyecto en colaboración con la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato.

El objetivo del proyecto es desarrollar una plataforma web que permita calcular y optimizar la aplicación de fertilizantes en función de las características del suelo y el tipo de cultivo. Para ello, se consideraron factores clave de la fertilidad del suelo como la materia orgánica, propiedades físicas y contenido de nutrientes. La investigación se desarrolló bajo un enfoque descriptivo, permitiendo recopilar y analizar información relevante del problema.

En cuanto al desarrollo del sistema, se utilizó la metodología ágil Programación Extrema (XP), que facilita la adaptación a los requerimientos del usuario mediante iteraciones continuas. Como resultado, se obtuvo una plataforma web que calcula la cantidad de fertilizante requerida por cultivo, expresada en quintales, kilos y libras de Sulfato de Amonio, 18-46-0 y 0-0-60, distribuida en las etapas de agostamiento, brotación y formación del fruto.

El sistema fue validado mediante una prueba piloto basada en la norma ISO/IEC 9126, alcanzando un nivel de satisfacción del 89%.

Palabras clave: agricultura, fertilización agrícola, plataformas web, cálculo de nutrientes, metodología XP.

ABSTRACT

The improper use of fertilizers generates negative impacts on soil quality, affecting its fertility and reducing crop yields, which leads to economic losses for farmers. This problem, identified within the context of the Ministry of Agriculture, Livestock, Aquaculture and Fisheries (MAGAP) of Ecuador, motivated the development of this project in collaboration with the Pontifical Catholic University of Ecuador, Ambato.

The aim of this project is to develop a web platform that enables the calculation and optimization of fertilizer application based on soil characteristics and crop type. To end this, key soil fertility factors were considered, including organic matter, physical properties, and nutrient content. The research was carried out under a descriptive approach, allowing the collection and analysis of relevant information related to the problem.

Regarding system development, the agile methodology Extreme Programming (XP) was applied, which facilitates adaptation to user requirements through continuous iterations. As a result, a web platform was developed that calculates the required amount of fertilizer per crop, expressed in quintals, kilograms and pounds of Ammonium Sulfate, 18-46-0 and 0-0-60, distributed across the stages of drying, budding and fruit formation.

The system was validated through a pilot test based on the ISO/IEC 9126 standard, achieving a satisfaction level of 89%.

Keywords: *agriculture, agricultural fertilization, web platforms, nutrient calculation, XP methodology.*

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. ESTADO DEL ARTE Y LA PRÁCTICA	8
1.1. Fertilización agrícola y variables del suelo.....	8
1.2. Sistemas web.....	21
1.3. Metodología programación extrema (XP).....	28
CAPÍTULO II. DISEÑO METODOLÓGICO	33
2.1. Caracterización de la empresa.....	33
2.2. Metodología de investigación	35
2.3. Metodología de desarrollo	40
CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	55
3.1. Validación del sistema.....	55
3.2. Prueba piloto	57
3.3. Análisis de los resultados de la validación	61
CONCLUSIONES.....	64
RECOMENDACIONES	65
BIBLIOGRAFÍA	66
ANEXOS	70

INTRODUCCIÓN

El suelo está compuesto por minerales, materia orgánica, diminutos organismos vegetales, animales, aire y agua. Thompson (2021), el suelo es una capa de pocos centímetros donde crecen las raíces de las plantas para extraer agua y minerales. Según Bedolla, Bautista & Dubrovina (2017), el suelo es un cuerpo natural formado por la acción común del material parental, por el relieve, por el clima y por los organismos existentes, todo en función del tiempo de desarrollo. Los suelos se forman al depositarse material en una serie de capas u horizontes (paralelas a la superficie del terreno), cada una con distintas características de composición, apariencia y consistencia, entre otros factores que les determinan. (p.1).

Con base a estos autores se puede decir que el suelo se forma por la descomposición de la roca madre, por acción de los microorganismos, factores climáticos, el tiempo de la topografía y la vegetación. Entonces el suelo se forma a partir de la capa madre y materia orgánica para formar una capa superficial de la corteza en la que los seres vivos habitan.

El suelo es el depósito natural de nutrientes donde las plantas se nutren para su desarrollo, es decir cuando el suelo es perfil y productivo, sin embargo, el suelo también pierde nutrientes después de cada cosecha y mal uso de las tierras. Segueda, Correa, Blanco & Gamino (2011), afirman que “la calidad del suelo es dinámica y puede cambiar en el corto plazo, de acuerdo con el uso y prácticas de manejo, y para conservarla es necesario implementar practicas sustentables en el tiempo.” (p.2). Con base a los autores Acevedo, Sánchez & Mendoza (2021), se puede definir como la aptitud del suelo para funcionar dentro de los límites ecológicos, sostener la productividad biológica, manteniendo la calidad ambiental, y promoviendo la salud de la flora y la fauna.

Por eso se debe evaluar la calidad del suelo para comprender los factores que intervienen en el deterioro a causa de erosión factores climáticos, perdida de nutrientes, mal uso de fertilizantes, cambios de pH y sobre explotación del suelo.

Hoy en día el uso de fertilizantes es necesario para los cultivos. Los abonos o fertilizantes son productos destinados a la alimentación de las plantas y recompensar los nutrientes faltantes del suelo. Según Finck (2021), En la ley del fertilizante está contenida esta definición: “Los abonos son sustancias que se aplican directa o indirectamente a las plantas, para favorecer su crecimiento, aumentar su producción o mejorar su calidad”. (p.13). Entonces los fertilizantes ayudan al crecimiento de las plantas, aumenta la resistencia de la planta y mejora la calidad del suelo lo que aumenta la producción de la cosecha lo que aumenta la producción comercial.

Para Aguilar, Alcántara, Leyva, Ayvar & Díaz (2019), el uso de fertilizantes es esencial para alcanzar los mayores rendimientos en los cultivos. No obstante, las formas de producción tradicionales; es decir, con exceso de fertilizantes químicos, han originado como consecuencia la contaminación de suelos y aguas, lo que ocasiona degradación de estos recursos naturales, por lo que se ha optado en buscar alternativas para evitar el abuso de esta práctica, como son los productos de origen orgánico o inoculantes biológicos. (p.1).

Es por esto por lo que la fertilización sostiene el rendimiento de algunos cultivos y su vulnerabilidad a plagas que minimizan la calidad de nutrientes en el suelo, por tanto, el uso de fertilizantes contrarresta problemas debidos a debilidades en la planta. En comparación a los autores el uso de fertilizantes en plantaciones forestales mejora el crecimiento de plantas, combatir plagas y estabilizar los nutrientes del suelo.

Los fertilizantes han contribuido con la mejora del rendimiento de los cultivos en el área agrícola, sin embargo, el mal uso de este daña el pH del suelo, contamina aguas subterráneas, contamina el aire, degrada los suelos y ecosistemas. En base a Damián, Gonzáles, Quiñones & Terán (2018), “No existen estudios que adviertan sobre el mal hábito y manejo inadecuado de los suelos, especialmente la degradación y contaminación por efecto de fertilizantes químicos, exceso de riegos, uso y mal uso de pesticidas altamente tóxicos”. (p.1). Por esta razón se debe dar prioridad de cómo se debe aplicar correctamente los fertilizantes para todos los

tipos de cultivos y así ganar una mayor productividad en la cosecha y minimizar los daños del medioambiente.

La inversión en fertilizantes representa un porcentaje muy importante en los costos de producción. Según Bernier & Bortolameolli (2000), una fertilización más acertada a las necesidades reales según el tipo de planta y suelo contribuirá para que éstas no se vean restringidas en su crecimiento por la escasez de nutrientes, también por que la inversión en fertilizantes sea sólo la necesaria para obtener una cosecha adecuada. Por esto un uso adecuado de la fertilización asegura la estabilidad de un suelo productivo, con la dosis necesaria según el cultivo evita efectos no deseados. También evitaría la pérdida de cultivos.

Duglas, Perdomo, Cuellar & Quiroga, aseguran que para el correcto suministro de nutrientes en el suelo es un factor importante para la búsqueda de una alta productividad en diversidad de producciones agrícolas, aún más si los cultivos están en suelos que cuentan con una gran capacidad natural para suministrarlos. Por esta razón, los fertilizantes son utilizados para entregar a las plantas complementos nutritivos que el sustrato no tiene. (p.33).

Por eso hay que tener en cuenta el factor de fertilidad porque determina la capacidad del suelo para abastecer a los cultivos minerales y componentes químicos como: macronutrientes y micronutrientes.

Enrech (2013), define la palabra fertilizante como: “son las sustancias, denominadas nutrientes, que sirven para potenciar las propiedades del suelo”. (p.18). Por esto la demanda de uso de fertilizantes ha creído por la alta actividad de producción de alimento humano y animal. El instituto de fertilizantes (TFI), afirma que el uso de fertilizantes va del 40 al 60 por ciento en el suministro de alimentos, con el fin de favorecer productividad y la ganancia agrícola gracias a los micronutrientes y los macronutrientes que aporta para el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Según Condor (2016), “los fertilizantes desempeñan un papel esencial en la oferta mundial de alimentos y suponen un instrumento clave para hacer frente a la creciente demanda de alimentos, forrajes y fibras”. (p.69). A causa

de que los agricultores se han vuelto dependiente de los abonos y fertilizantes han sobre explotado los suelos y por eso se busca fomentar el uso adecuado a través de una a plataforma web que permita calcular la cantidad de fertilizante que se debe usar según el tipo de suelo y de cultivo que se vaya a realizar.

Según Ríos, Mora, Ordoñez & Sojos (2016), las aplicaciones web son herramientas que permiten realizar operaciones desde un ordenador a través de la utilización del Internet logrando que se reduzca el tiempo empleado en cada actividad. Este es uno de los aspectos positivos que ha permitido la aceptación y usabilidad de este tipo de software por parte de los usuarios. (p.58). Las aplicaciones web usan el lenguaje HTML (*Hypertext Markup Language* o Lenguaje de Hipertextos) que permiten que el usuario pueda generar peticiones. También permite el acceso al sistema a más de un usuario a través de una combinación de proceso y comunicaciones en la base de datos.

Se encontró un proyecto relacionado con la optimización de recursos en la agricultura mediante una aplicación móvil. Está aplicación móvil según Sulca Martínez, C. L. (2016), permitirá optimizar el tiempo que el agricultor usa para realizar sus labores de recorrido en su hacienda, cultivos, o terrenos, la opción de capacitarse y conocer de manera más técnica las diferentes enfermedades o plagas que pueden perjudicar su producción y aprender las mejores soluciones para estos problemas, así como también contar con un portal informativo actualizado. (p.10).

Estas aplicaciones brindan un control sobre incidentes agrícolas y en base a los resultados se puede tomar una decisión adecuada para mejorar el nivel de producción. Por eso se busca desarrollar una plataforma web que optimice el tiempo que el agricultor usa en estimar la cantidad de fertilizante que se va a usar en cada cultivo. También sirve para la mejora de producción agrícola, , disminuirá la pérdida de PH del suelo y así tendrá menos trabajo para que el suelo regenere sus propiedades y nutrientes.

El suelo constituye un recurso natural fundamental para la producción agrícola; sin embargo, su calidad puede verse afectada por prácticas inadecuadas de manejo,

entre ellas el uso excesivo o incorrecto de fertilizantes. La fertilidad del suelo depende de diversos factores físicos, químicos y biológicos que influyen directamente en la disponibilidad de nutrientes para los cultivos. Según FAO (2002), los fertilizantes aportan nutrientes necesarios para mejorar la producción agrícola y recuperar suelos con baja fertilidad; no obstante, su aplicación debe realizarse de manera adecuada para evitar efectos negativos en el suelo y en el ambiente.

En este contexto, uno de los principales problemas en el ámbito agrícola es la falta de criterios técnicos para determinar la cantidad apropiada de fertilizante que requiere cada cultivo. Esta situación puede ocasionar sobre aplicación o subaplicación de nutrientes, afectando la productividad, incrementando los costos de producción y contribuyendo al deterioro del suelo. Por ello, resulta necesario analizar los factores relacionados con la fertilidad del suelo, tales como la materia orgánica, textura, estructura, profundidad, contenido de nutrientes, capacidad de almacenamiento, reacción del suelo y ausencia de elementos tóxicos.

El problema para abordar dentro de este proyecto se define con la siguiente interrogante:

¿Cuál es el impacto del uso inadecuado de fertilizantes en la productividad agrícola y cómo puede optimizarse su aplicación el uso de una plataforma web?

Para responder la problemática se plantea las siguientes interrogantes científicas:

- ¿La revisión teórica permite conocer los aspectos relacionados con el uso de fertilizantes en el suelo y el desarrollo de una plataforma web?
- ¿Qué metodología define mecanismos válidos para resolver los problemas relacionados al desarrollo de aplicaciones web para el uso correcto de fertilizantes en los suelos?
- ¿El desarrollo de una plataforma web para calcular el uso de fertilizantes según el tipo de cultivo disminuye la degradación de los suelos?

Al desarrollar las interrogantes científicas y para resolver el problema se plantea el siguiente objetivo general y de igual manera los objetivos específicos:

Objetivo general:

Desarrollar una plataforma web que permita calcular y optimizar la aplicación de fertilizantes en función de las características del suelo y tipo de cultivo, con el fin de mejorar la productividad agrícola.

Objetivos específicos:

- Elaborar una revisión de fundamentos teóricos sobre plataformas web, fertilizantes y cultivos.
- Diagnosticar la situación actual sobre el uso de plataformas para el cálculo de fertilizantes en los cultivos.
- Desarrollar la plataforma web aplicando la metodología XP.

Metodología:

Para poder resolver las interrogantes científicas planteadas se aplica las siguientes metodologías.

Metodología Programación Extrema (XP)

Programación Extrema (XP) surge como una nueva manera de encarar proyectos de software, proponiendo una metodología basada esencialmente en la simplicidad y agilidad. Según Joskowicz, J. (2008), la metodología propuesta en XP está diseñada para entregar el software que los clientes necesitan en el momento en que lo necesitan. XP motiva a los desarrolladores a cumplir con los requerimientos cambiantes de los clientes, aún en fases tardías del ciclo de vida del desarrollo.

Se basa en los siguientes principios:

- Satisfacer al cliente a través de entregas continuas y tempranas es la mayor prioridad.
- Los cambios a los requerimientos son bienvenidos, aún en fases tardías del desarrollo.
- Entregar frecuentemente software que funciona, desde un par de semanas a un par de meses, prefiriendo los periodos más cortos.
- Desarrolladores, gerentes y clientes deben trabajar juntos diariamente, a lo largo del proyecto.
- Construir proyectos alrededor de personas motivadas, dándoles el entorno y soporte que necesitan, y confiando en que realizarán el trabajo.
- El método más eficiente y efectivo de transmitir información entre un equipo de desarrolladores es la conversación frontal (cara a cara).
- Tener software que funciona es la medida primaria del progreso.

La metodología XP define cuatro variables para cualquier proyecto de software: costo, tiempo, calidad y alcance. XP tiene las siguientes fases:

- Fase exploración
- Fase planificación
- Fase iteraciones
- Fase de puesta en producción

Justificación

Está investigación busca calcular y analizar la cantidad de fertilizante que necesita cada grupo agrícola. Como resultado se obtendrá una plataforma web que permitirá que los agricultores de nuestras parroquias puedan obtener una cantidad estimada del fertilizante que deben usar para que puedan maximizar y mejorar la calidad de sus cosechas y disminuir la contaminación de los suelos lo que conlleva disminuir pérdidas económicas.

CAPÍTULO I. ESTADO DEL ARTE Y LA PRÁCTICA

1.1. Fertilización agrícola y variables del suelo

Origen del suelo

Fao (2002), afirma que “el suelo es un material extraordinario. Es la capa superficial de la tierra, la que ha sido transformada muy despacio por la descomposición a través de la acción meteorológica, la acción de la vegetación y del ser humano” (p.12). Es decir, el suelo está formado por varios factores como: roca, cenizas volcánicas, temperatura, animales, desechos y el ser humano. Según Rucks, García, Kaplán, Ponce de León & Hill (2004),

hay que considerar en primer término la roca madre; el suelo tendrá indiscutiblemente una tendencia congénita a ser arcilloso, limoso, arenoso, según que la roca sea arcillosa, limosa o arenosa, en el caso de las rocas sedimentarias y sedimentos, o bien que sea capaz de producir esos elementos en el curso de alteración, si se presenta al estado de la roca consolidada y coherente. (p.2).

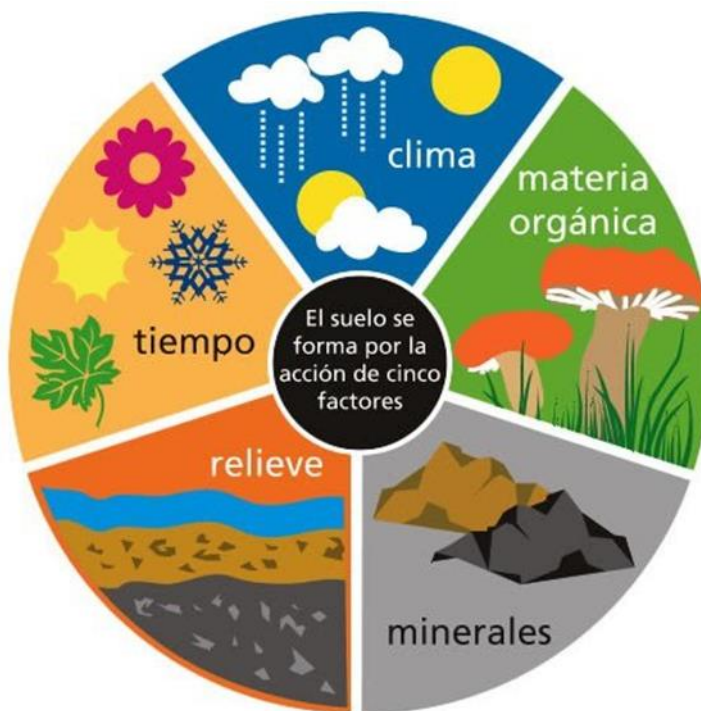
Con base en el aporte de Cruz, Barra, del Castillo y Gutiérrez (2004), la importancia de la calidad del suelo en el área agrícola es esencial, , permite maximizar la producción y minimizar la erosión. Por ello, **es importante considerar** que la calidad del suelo se basa en la sostenibilidad, con el fin de proporcionar elementos esenciales que no limiten la productividad de los cultivos.

Loaiza (2011), “el suelo es un sistema natural abierto, complejo que se forma en la superficie de la corteza terrestre, dónde viven las plantas y gran diversidad de seres vivos”. (p.7). El autor Acosta (2007), define el suelo como el lugar de soporte donde el hombre construye sus moradas creando ciudades; en el caso del medio rural, suponemos que es donde crecen las plantas y cohabitan los animales. Este concepto limita el uso y aprovechamiento que se le da al suelo, pues se le considera

únicamente como el límite inferior de la atmósfera y, por lo tanto, no se toma en cuenta que también debe ser preservado para futuras generaciones.

Según Segueda, Correa, Blanco & Gamino, los suelos son consecuentes del aire y el agua, , estos dos tienen un estado puro, que forma una capa superficial de la tierra en base a la desintegración de las rocas y residuos de las actividades de los seres vivos. En base a los autores el suelo es la capa superior de la tierra donde se encuentran las raíces de las plantas con el propósito de que absorba gran cantidad de agua y nutrientes que son necesarios para crecer y producir cosechas. Entonces los suelos están formados gracias a la descomposición de las rocas a causa de los siguientes factores: del tiempo, del calor, del frío, la sequía, la lluvia y el hombre.

Ilustración 1. Formación del suelo.



Fuente: Loaiza (2011).

Tipos de suelo

a. Suelos arenosos:

Según Mora & Solórzano (2017), los suelos arenosos tienen una mayor infiltración del agua a comparación de los suelos pesados o arcilloso. También ejerce una presión alta por eso el suelo tiene menor humedad. En breves palabras este tipo de suelo no poseen agua, carece de materia orgánica y no son aptas para la agricultura.

b. Suelos humíferos:

Según Huaman (2017), se caracterizan por tener gran cantidad de materia orgánica en descomposición o ya descompuesta, gracias a las lombrices que hacen hoyos y permiten que el suelo absorba agua y minerales. El suelo humífero también es conocido como orgánico o tierra negra porque poseen gran cantidad de materia orgánica en descomposición y se caracterizan por retener agua. Por esto son aptos para cultivar.

c. Suelos arcillosos:

Según Mora & Solórzano (2017), los suelos arcillosos pueden acumular humedad y nutrientes sin embargo pueden tener drenaje y aireación inadecuados. Es decir, este tipo de suelo está formado por pequeños granos finos de color amarillo y retienen gran cantidad de agua mezclados con humus. Pueden ser aptos para cultivar.

d. Suelos pedregosos:

Según Cajal, el suelo pedregoso está compuesto por formaciones rocosas con incrustaciones de piedra por causas naturales o a causa del hombre. Entonces este tipo de suelo está formado por toda clase de tocas y piedras por ende no retienen agua. No son aptos para el cultivo.

Ilustración 2. Tipos de suelo.



Fuente: elaboración propia

Propiedades del suelo

Las propiedades del suelo determinan en qué estado se encuentran. La composición del suelo posee propiedades físicas, químicas, biológicas y minerales.

a. Propiedades físicas:

Según Villasanti, Román & Pantoja (2013), “Determinan la facilidad de preparación del terreno, la velocidad de infiltración del agua y la circulación del aire influye directamente en el desarrollo de las plantas.” (p.9). Entonces la propiedad física del suelo determina la rigidez, la facilidad de adaptación de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje, almacenamiento de agua y la retención de nutrientes.

Los autores Monroy, Álvarez & Alvarado (2017), “Las propiedades físicas de los suelos han sido estudiadas geo estadísticamente por diferentes autores, quienes afirman que estas propiedades varían de un lugar a otro, dependiendo del manejo dado al suelo y sus propias características.” (p.92). Por eso es importante conocer en qué condiciones se encuentra el suelo y saber a qué nos enfrentamos en el área agrícola, por eso debemos tomar en cuenta las siguientes propiedades:

- La estructura:

Con base a los autores Villasanti, Román, & Pantoja (2013),

es un indicador primario de la “salud del suelo”. La estructura del suelo es la arquitectura del suelo, es decir, es la forma en que las partículas sólidas y los espacios están ordenados. Los buenos suelos tienen una mezcla de microporos y macroporos: los macroporos para la entrada de agua y el drenaje, los microporos para el almacenaje de agua. (p.9).

Según el aporte de Según Fao (2002),

la estructura del suelo se refiere a la agregación de las partículas del suelo más finas en fragmentos o unidades más grandes. Una mezcla de suelo bien estructurado contiene en volumen aproximadamente 50 por ciento de material sólido y 25 por ciento de aire y agua respectivamente. (p.13).

En comparación a estos autores, es claro que un suelo con buena estructura es fácil poder cultivar, el aire, el agua y los rayos solares penetran con facilidad el suelo lo que permite que las raíces de las plantas absorban todos los nutrientes y tengan un buen crecimiento.

- La textura:

Según Villasanti, Román, & Pantoja (2013), indica el tamaño de la arena, el limo y arcilla en el suelo. La textura es referente a cómo se puede trabajar con el suelo. Fao (2002), la textura del suelo es importante para la fertilidad del suelo. La textura es importante porque podemos distinguir que tipo de suelo es y si no retienen bien agua y nutrientes.

- La porosidad:

Según Villasanti, Román, & Pantoja (2013), está compuesta por los espacios que quedan al agruparse las partículas que forman el suelo, por donde atraviesan el aire y agua. Entonces la porosidad son espacios vacíos gracias a la textura y estructura.

- El color:

Según Villasanti, Román, & Pantoja (2013),

los suelos en general tienen color oscuro. El color se aclara a medida que se profundiza. Los suelos de color oscuro generalmente son más ricos en materia orgánica. Los color pardos, rojizos y amarillentos, indican que los suelos son bien aireados y no encharcan. Los colores grises y manchados de verde azulosos indican que los suelos permanecen mucho tiempo encharcados. (p.10).

En base al color del suelo se permite evaluar si es de buena calidad y si tienen los nutrientes necesarios para los cultivos.

- Permeabilidad:

Según Villasanti, Román, & Pantoja (2013), “se trata de cómo el agua y el aire atraviesan y se mueven dentro del suelo. Los suelos que se encharcan tienen una permeabilidad lenta.” (p.10). Entonces la permeabilidad es cuando transmite el agua y el aire por el suelo por partes.

- La profundidad efectiva:

Según Villasanti, Román, & Pantoja (2013), “es la profundidad hasta donde llegan las raíces de las plantas en busca de agua y nutrientes.” (p.10)

- Drenaje:

Según Villasanti, Román, & Pantoja (2013), se trata de con que la rapidez los suelos se secan después de una lluvia, para esto hay dos tipos de drenaje el externo y el interno.

- ✓ Drenaje Externo: es la rapidez con que el agua se moja sobre la superficie.
- ✓ Drenaje Interno: es la rapidez con que el agua se mueve dentro del suelo.

- b. Propiedades químicas:

Según Calderón, Bautista & Rojas (2018), las propiedades químicas se basan en la disponibilidad de agua, nutrientes de las plantas como el pH, fósforo (P), nitrógeno (N), Potasio (K) y materia orgánica. Se encargan de almacenar y proveer agua a las plantas. Entonces esta propiedad se encarga de intercambiar arcilla y humus, aportando nutrientes a las plantas.

- La Acidez o el pH:

Según Villasanti, Román, & Pantoja (2013), influye en la provisión de los nutrientes y de la actividad microbiana de los suelos. Por eso se debe tener en cuenta el pH de los suelos porque si son ácidos no hay una buena cantidad de nutrientes lo que afecta a los cultivos.

- La Fertilidad:

Según Villasanti, Román, & Pantoja (2013), es la cantidad de nutrientes existentes en el suelo para el desarrollo de las plantas. Entonces el suelo es fértil si tiene buena cantidad de nutrientes para las plantas. Existen dos tipos de nutrientes los macronutrientes y los micronutrientes.

- Los Macronutrientes:

Según Villasanti, Román, & Pantoja (2013) son esenciales para el suelo en y ser provechado por los cultivos, su presencia es indispensable para el crecimiento y fructificación de las plantas. Por eso se necesita tener en grandes cantidades para ser aplicadas en el suelo para que los cultivos rindan adecuadamente.

Los principales Macronutrientes son:

- ✓ Nitrógeno (N)
- ✓ Fósforo (P)
- ✓ Potasio (K)
- ✓ Magnesio (Mg)
- Los Micronutrientes:

Según Villasanti, Román, & Pantoja (2013), están presentes en pequeñas cantidades, eso no quiere decir que no sean indispensables sin embargo causa desórdenes fisiológicos en las plantas.

Los principales Micronutrientes son:

- ✓ Hierro (Fe)
- ✓ Manganeso (Mn)
- ✓ Zinc (Zn)
- ✓ Boro (B)
- ✓ Cobre (Cu)
- ✓ Molibdeno (Mo)
- ✓ Cloro (Cl)
- ✓ Azufre (S)

- **Materia Orgánica:**

Según Fao (2002),

la materia orgánica mejora la estructura del suelo, reduce la erosión de este, tiene un efecto regulador en la temperatura del suelo y le ayuda a almacenar más humedad, mejorando significativamente de esta manera su fertilidad. Además, la materia orgánica es un alimento necesario para los organismos del suelo. (p.5).

Entonces la materia orgánica se encarga de mejorar el estado del suelo para el desarrollo de las plantas, para ello se debe agregar compost para que se regulasen.

Ilustración 3. Propiedades del suelo



Fuente: elaboración propia

Organismos del suelo

Los organismos del suelo regulan la materia orgánica del suelo, es decir que se encargan de liberar minerales y lo convierten en nutrientes que necesitan las plantas. En base a Fao (2002),

las actividades de los organismos del suelo son indispensables para una buena fertilidad del suelo y una buena producción del cultivo. La mayoría de sus actividades son beneficiosas para el agricultor, dado que descomponen la materia orgánica para dar humus, reúnen partículas del suelo para dar una mayor estructura, protegen las raíces de enfermedades y parásitos, retienen el nitrógeno y otros nutrientes, producen hormonas que ayudan a las plantas a crecer y pueden convertir los contaminantes que encuentran en el suelo. (p.17).

Con base a lo anterior se concluye que la materia orgánica ayuda al buen desarrollo de los cultivos dónde está formado por residuos vegetales y animales donde ayuda a la fertilidad química del suelo aportando nutrientes necesarios para los cultivos.

Según Espinoza, Zenteno, Chávez, Moreiral, Solarte & Intriago (2018), “La materia orgánica (MO) se encuentra de tres formas en el suelo, cómo una composición próxima al carbono elemental, como humus y humatos, y; como residuos orgánicos poco alterados.” (p.179). Por tanto, la materia orgánica es un indicador de calidad del suelo y afecta de manera apositiva en sus propiedades físicas y químicas. Gracias a los organismos del suelo existe dos tipos de abonos en base a los organismos del suelo:

a. Abonos orgánicos:

La materia orgánica ayuda al desarrollo de los cultivos de forma natural. Con base al autor López (2018), los residuos orgánicos de origen vegetal y animal deben pasar por un proceso de fermentación conocido como compostaje para obtener un humus de buena calidad. Entonces la aplicación de abonos orgánicos tiene el propósito de aumentar la fertilidad del suelo, para mejorar sus propiedades para la mejora del desarrollo del cultivo. Además, es esencial de que los residuos deben pasar por un proceso de maduración porque si se aplican directamente no tiene mucho efecto.

b. Abonos órgano – minerales:

Según López (2018), es una alternativa que integra partes de los abonos orgánicos y los minerales, que asegura el suministro de nutrientes para los cultivos que eleva la materia orgánica del suelo. También incrementa la salinidad del suelo en época de invierno. Entonces este abono es una combinación de abonos orgánicos y minerales, es decir una mezcla de lo natural con lo químico tiene como objetivo aportar la mejora de las propiedades fisicoquímicas de los suelos lo que aporta los nutrientes necesarios que necesitan las plantas.

Ilustración 4. Materia orgánica del suelo



Fuente: van Konijnenburg (2006).

Fertilización

Para que las plantas tengan un buen desarrollo necesitan de nutrientes que ayudan a componer sus tejidos lo que puede resultar un crecimiento adicional en la producción de hojas, tallos, ramas, raíces y frutos. Según los autores Díaz-Zorita & Grasso (2017), “las estrategias de fertilización de mantenimiento (y en su caso extremo de crecimiento) buscan correcciones nutricionales que compensen la extracción de estos tal que se no limite la productividad y maximizando los rendimientos.” (p.6). Entonces la fertilización ayuda a mantener e incrementar los minerales del suelo, lo que mejora el crecimiento de los cultivos.

Con base a los autores Murillo, Cunuhay, Trávez, Méndez, Coronel & Albornoz (2016),

la fertilización o abonamiento de este cultivo constituye un factor importante de manejo, orientado a obtener una adecuada nutrición como fundamento para alcanzar los máximos rendimientos comerciales por unidad de superficie. El objetivo del presente estudio fue evaluar la respuesta agronómica de dos variedades de papa a la aplicación de abonos orgánicos y fertilización química. (p.1).

La fertilización se basa en brindar los nutrientes que necesitan las plantas para su desarrollo, sin embargo, debemos tener en cuenta que tipo de fertilizantes se deben usar.

Fertilizantes y tipos de fertilizantes

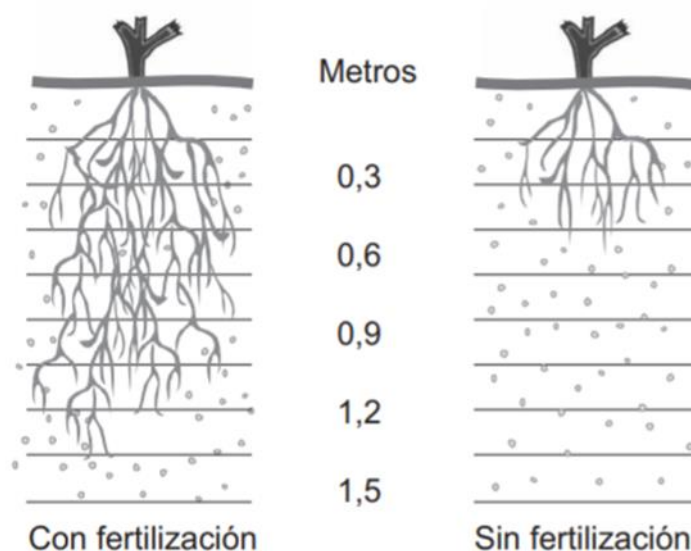
Según Fao (2002), “Los fertilizantes proveen nutrientes que los cultivos necesitan. Con los fertilizantes se pueden producir más alimentos y cultivos comerciales, y de mejor calidad. Con los fertilizantes se puede mejorar la baja fertilidad de los suelos que han sido sobreexplotados.” (p.1). Las plantas necesitan nutrientes que les ayudarán a crecer mejor pero no siempre el suelo tiene suficiente. Como debido a esto se requiere el uso de fertilizantes para proveer a los cultivos los nutrientes que le faltan al suelo. Gracias al uso de fertilizantes los cultivos pueden mejorar al punto de duplicarse.

Fao (2002),

también dice que la eficiencia de los fertilizantes y la respuesta de los rendimientos en un suelo particular puede ser fácilmente analizada agregando diferentes cantidades de fertilizantes en parcelas adyacentes, midiendo y comparando los rendimientos de los cultivos consecuentemente. (p.4).

Se puede decir que es un material natural o industrializado, que contenga al menos un nutriente más de los tres primarios (nitrógeno, potasio y fosforo). Gracias a la ilustración número 4 podemos observar cómo la fertilización ayuda a que las raíces crezcan y absorban más nutrientes que ayudan al desarrollo de los cultivos.

Ilustración 5. Profundidad de las raíces con fertilización.



Fuente: Fao (2002)

Tipos de fertilizantes

- Nitrogenados (Urea, Nitrato Amónico, Sulfato Amónico, Nitrato Potásico, Nitrato, Cálcico, Nitrato Sódico).
- Fosfóricos (Superfosfatos, Fosfato Amónico).
- Potásicos (Cloruro Potásico, Sulfato Potásico).
- Complejos binarios (llevan dos macroelementos).
- Complejos ternarios (llevan tres macroelementos).

Fertilizantes comerciales utilizados en el sistema

Para el desarrollo de la plataforma web, el MAGAP proporcionó las fórmulas y los parámetros técnicos necesarios para realizar los cálculos de fertilización. En base a esta información, el sistema trabaja con tres fertilizantes comerciales que son los más utilizados en la agricultura ecuatoriana.

El primero es el Sulfato de Amonio, que contiene un 21% de Nitrógeno y es el producto que cubre los requerimientos de este nutriente en el cultivo. El segundo es el fertilizante 18-46-0, cuyo nombre indica que contiene 18% de Nitrógeno y 46% de Fósforo, siendo el producto principal para aportar Fósforo al suelo. El tercero es el 0-0-60, que contiene 60% de Potasio y se usa exclusivamente para cubrir los requerimientos de ese nutriente.

Estos productos permiten que el agricultor pueda ir a una tienda agrícola y comprar exactamente lo que necesita, , el sistema entrega los resultados en quintales, kilos y libras de cada fertilizante.

Unidades de medida para el análisis de suelo

Para usar la plataforma, el usuario debe ingresar los valores de Nitrógeno, Fósforo y Potasio que obtuvo del análisis de laboratorio de su suelo. Estos valores pueden venir expresados en diferentes unidades de medida dependiendo del laboratorio que realizó el análisis.

Las unidades que acepta el sistema son: partes por millón (ppm), Nitrógeno Total Asimilable (NT-Asimilable) y miliequivalentes por cada 100 gramos de suelo (meq/100g). El sistema aplica una fórmula diferente para cada unidad con el fin de convertir ese valor a kilogramos totales disponibles en el terreno. Esta conversión fue definida en base a los parámetros técnicos proporcionados por el MAGAP y es un paso fundamental para que el cálculo sea el adecuado.

1.2. Sistemas web

Qué son los sistemas web

Gracias a la gran demanda de usuarios con sistemas web, surge la idea de combinar las funcionalidades de aplicaciones clásicas de escritorio con la accesibilidad de un servidor web. Según Loor, Vera, Cárdenas & Pincay (2019),

un sitio web enfocado a la optimización de los servicios para los empresarios contribuirá a mejorar la experiencia de los afiliados y también con la facilidad de información referente a los lugares y actividades que contribuyan con este fin, y la facilidad que tendrán los usuarios para el proceso de afiliación. (p, 3)

Entonces los sistemas web son aplicaciones de software a las que se puede acceder a través de un servidor web vía Internet mediante un navegador sin importar el sistema operativo.

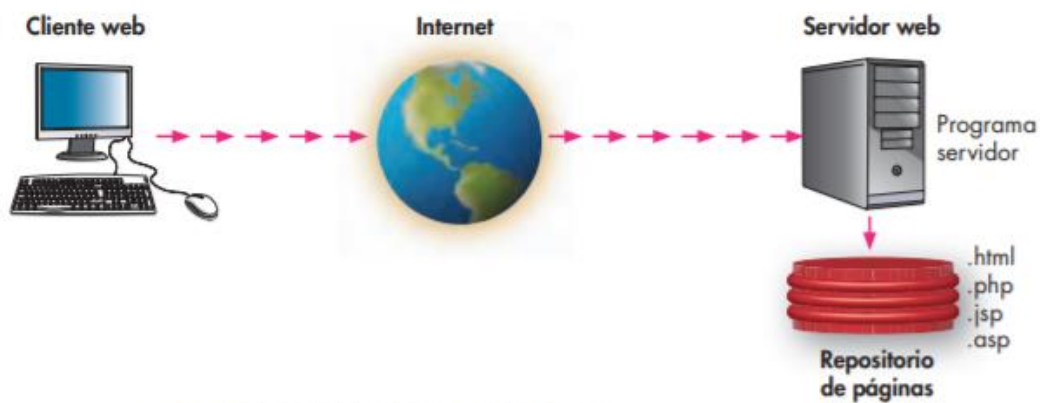
Un sistema web también conocido como aplicación web es más dinámico y con funcionalidades muy similares a las de una página web, los datos o los archivos que son procesados y almacenados se encuentran en la web. Los autores Cárdenas & Uriol (2016), "En la ingeniería de software se denomina aplicación web a aquellas herramientas que los usuarios pueden utilizar accediendo a un servidor web a través de Internet o de una intranet mediante un navegador." (p.12). Es decir, es una aplicación de software adaptado a navegadores web para que puedan ser codificados.

En base a los autores Ríos, Ordoñez, Segarra & Zerda, las aplicaciones Web no son más que herramientas de ofimática de la Web 2.0 que se manejan simplemente con una conexión a internet, y en estos casos cabe la opción de utilizar el ordenador solo como forma de procesos de la aplicación remota. Una aplicación Web (*Web Based Application*) es una aplicación cliente/servidor, donde tanto el cliente (el navegador, explorador o visualizador) como el servidor (el servidor Web) y el protocolo mediante el que se comunican (HTTP) están estandarizados y no han de ser creados por el programador de aplicaciones. (p.4). Se puede decir que las aplicaciones web son herramientas de software codificadas en lenguajes compatibles con los navegadores web, donde son ejecutadas por los usuarios. Además, están relacionadas con el almacenamiento en la nube, la información se guarda en servidores.

Según Valarezo, Honores, Gómez y Vines, una aplicación web se define como un programa informático o sitio web que se ejecuta en Internet sin necesidad de

instalarse en el ordenador, , puede utilizarse mediante un navegador web. Además, para su desarrollo se emplean tecnologías como HTML, que permite estructurar el contenido de la interfaz web.

Ilustración 6. Esquema básico de servicio web.



Fuente: Lerma, Murcia & Talón (2013).

Arquitecturas de sistemas web

Una plataforma Web es proporcionada por un servidor Web y utilizada por usuarios que se conectan vía Internet desde cualquier punto mediante browsers o navegadores. La arquitectura de un Sitio Web tiene tres componentes principales:

a. Servidor Web:

Según Guillén & Morales (2019),

un servidor web que se ejecuta en un ordenador se mantiene a la espera de peticiones por parte de un cliente (un navegador web o un programa que hace una llamada a un servicio web). Cuando el servidor recibe una petición, responde adecuadamente mediante una página web que se exhibirá en el navegador, o bien mostrará el mensaje de error correspondiente. (p, 17).

Entonces un servidor web es un ordenador que se encarga de almacenar y transmitir información que solicita los clientes se una página web.

El servidor también puede ejecutar aplicaciones web cuándo realiza alguna petición, estas pueden ser:

- Aplicaciones en el lado del cliente:
Según Guillén & Morales (2019), “El servidor proporciona el código de las aplicaciones al cliente y este, mediante el navegador, las ejecuta. Es necesario, por lo tanto, que el cliente disponga de un navegador con capacidad de ejecutar aplicaciones (también llamadas scripts).” (p.17). El autor afirma que esta parte se ejecuta en la interfaz del usuario.
- Aplicaciones en el lado del servidor:
Según Guillén & Morales (2019), “el servidor web ejecuta la aplicación y esta, una vez ejecutada, genera cierto código HTML y lo devuelve al servidor.” (p.18). Es decir que al ejecutarse en el servidor y no en la máquina del cliente no hay la necesidad de correr el programa en algún navegador.

b. Organización del servidor web:

Según Guillén & Morales (2019), un servidor web trabaja mediante:

- Proceso:
La unidad más “pesada” de la planificación de tareas que ofrece el sistema operativo. No comparte espacios de direcciones ni recursos relacionados con ficheros.
- Flujo o *thread*:
La unidad más “ligera” de planificación de tareas que ofrece el sistema operativo. Como mínimo, hay un flujo por proceso. Si distintos flujos coexisten en un proceso, todos comparten la misma memoria y recursos de archivos.
- Fibra:
Flujos gestionados por el usuario de manera cooperativa, con cambios de contexto en operaciones de entrada/salida u otros puntos explícitos: al llamar a ciertas funciones. La acostumbran a

implementar librerías fuera del núcleo, y la ofrecen distintos sistemas operativos.

c. Organización de aplicaciones web:

Existen distintas maneras de organizar una plataforma web, se presentan distintos modelos de organización:

- CGI:

Es el modelo más antiguo y simple. Para cada petición HTTP se invoca un programa que recibe datos por las variables del entorno y/o de entrada estándar, y devuelve un resultado por la salida estándar.

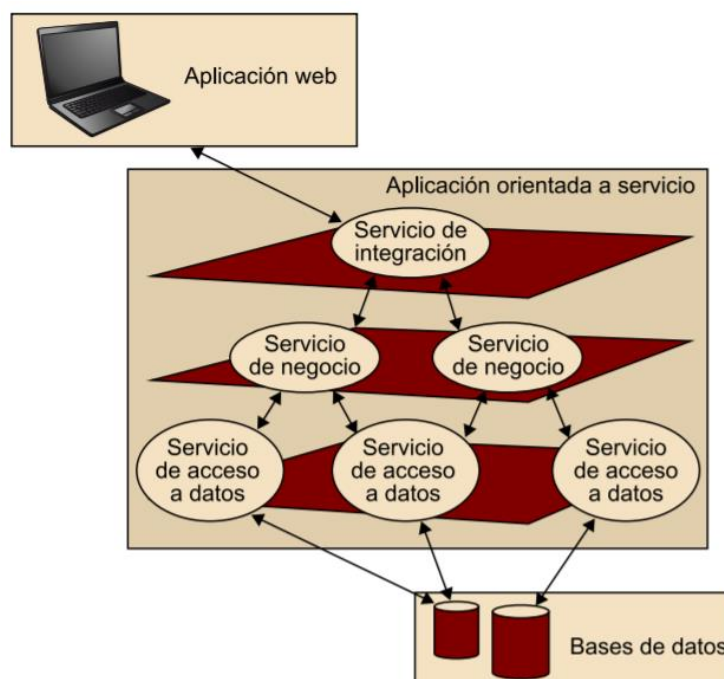
- Servlets:

Es un modelo diseñado para Java, más eficiente y estructurado, que permite elegir distintos modelos de gestión de flujos o *threads*, duración de procesos del servidor, etc. Partiendo de este modelo, se han construido servidores de aplicaciones con múltiples funciones adicionales que facilitan el desarrollo de aplicaciones web complejas.

- Lenguajes de script:

Existen también lenguajes, como por ejemplo PHP, que permiten incluir trozos de código (scripts) en el código HTML y que al llegar al servidor son ejecutados como si fueran un CGI, devolviendo así la respuesta al cliente. Las Java Server Pages (JSP) son scripts en código Java que al llegar al servidor son ejecutadas como si fueran *servlets*.

Ilustración 7. Arquitectura de sistemas web.



Fuente: Guillén & Moldes (2019).

Plataformas web aplicadas al sector agrícola

En el sector agrícola, las plataformas web pueden contribuir a mejorar la gestión de información relacionada con cultivos, suelos, fertilización y producción. Su uso permite organizar datos, realizar cálculos, consultar recomendaciones y apoyar la toma de decisiones. Además, al estar disponibles mediante Internet, pueden ser utilizadas desde distintos dispositivos, lo que representa una ventaja para agricultores, técnicos o instituciones vinculadas con el área agrícola.

Una plataforma web se compone generalmente de una interfaz de usuario, una lógica de procesamiento y una base de datos. La interfaz permite al usuario ingresar información y visualizar resultados; la lógica de procesamiento se encarga de validar los datos y realizar los cálculos correspondientes; mientras que la base de datos almacena la información necesaria para el funcionamiento del sistema. En el caso del presente proyecto, estos componentes permiten seleccionar el tipo de cultivo, ingresar variables del suelo y obtener una estimación de la cantidad de fertilizante requerida.

De esta manera, el uso de una plataforma web para el cálculo de fertilizantes representa una alternativa tecnológica para mejorar procesos agrícolas que tradicionalmente se realizan de forma manual. Su implementación puede contribuir a reducir errores de estimación, optimizar el uso de fertilizantes y facilitar el acceso a información técnica de manera sencilla.

Metodología para el desarrollo de software

Según Ríos, Ordoñez, Segarra & Zerda (2018), “Una metodología de desarrollo de software es un proceso o conjunto de procedimientos, técnicas y documentación que permiten a los desarrolladores guiar y ejecutar el proyecto con el objetivo de crear nuevas aplicaciones de calidad que satisfagan las expectativas del cliente.” (p.4). Según Pressman define a la metodología como “un marco de trabajo usado para estructurar, planificar y controlar el proceso de desarrollo de sistemas computacionales.” (p.4).

a. Metodologías tradicionales:

Según Ríos, Ordoñez, Segarra & Zerda (2018), Las metodologías tradicionales aparecieron en la década de los 60, debido a un desarrollo de Software totalmente manual con la necesidad de optimizar los procesos y objetivos propuestos en los proyectos de desarrollo.

b. Metodologías ágiles:

Según Ríos, Ordoñez, Segarra & Zerda (2018), las metodologías ágiles son flexibles es decir pueden ser fácilmente modificadas en el caso que el equipo desarrollador o el proyecto lo requiera. Estas metodologías permiten subdividir el proyecto en pequeñas fracciones y mediante esto ser desarrollado de manera autónoma en un corto lapso estimado entre dos a seis semanas. Son adaptables a los cambios de los requisitos por parte del cliente, entregan prototipos constantemente de tal manera que se garantiza un mejor producto.

c. Metodologías híbridas:

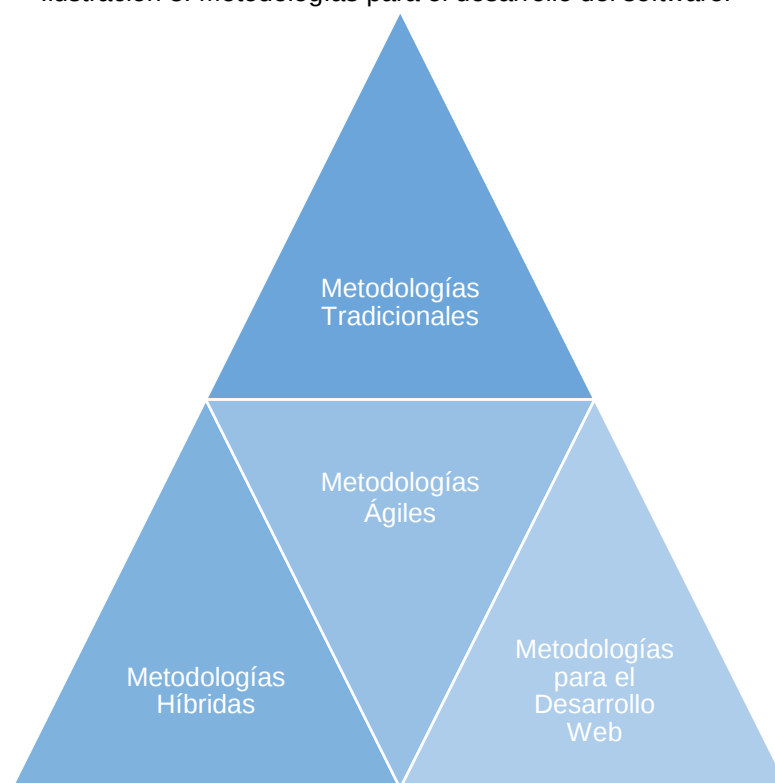
Según Ríos, Ordoñez, Segarra & Zerda (2018), son una combinación de las dos anteriores, pero en este caso rescatando las prioridades que se

destacan las metodologías mencionadas con el propósito de crear un método firme y flexible que se adapte a todo tipo de proyectos para el desarrollo de software.

d. Metodologías para el desarrollo de aplicaciones web:

Según Ríos, Ordoñez, Segarra & Zerda (2018), las metodologías o también llamados métodos, están compuestos por un número de fases que cambia dependiendo de las metodologías que se utilice, pero si el método es más complejo en sus pasos mayormente se tiene un menor número de errores con relación a la calidad y consistencia de datos.

Ilustración 8. Metodologías para el desarrollo del software.



Fuente: elaboración propia

1.3. Metodología programación extrema (XP)

La metodología de programación extrema (XP), es una metodología ágil para el desarrollo de software de una manera rápida para cubrir las necesidades del usuario en base al problema a resolver. Para Latelier (2006), “es una metodología ágil centrada en potenciar las relaciones interpersonales como clave para el éxito en desarrollo de software, promoviendo el trabajo en equipo, preocupándose por el

aprendizaje de los desarrolladores, y propiciando un buen clima de trabajo”. (p.3). Entonces esta metodología tiene una retroalimentación continua entre el usuario y el desarrollador, donde la clave principal es la comunicación con todos los que están involucrados. Según Joskowicz (2008), surge como una nueva manera de realizar proyectos de software, siguiendo los pasos de una metodología basada esencialmente en la simplicidad y agilidad. Entonces la programación extrema se define como una nueva metodología que optimiza el desarrollo de software en base a las historias de usuario que tiene los requerimientos de la aplicación.

La metodología programación extrema (XP), se agrupan en cuatro categorías que engloba todos los principios que se tendrán en cuenta al momento de desarrollar una aplicación con esta metodología. Los principios se muestran en la tabla 1. Según López (2015), los principios de esta metodología buscan cumplir la satisfacción del usuario. Por eso los desarrolladores siguen estos principios para trabajar de mejor manera por eso es importante la retroalimentación, y la corrección de errores en caso de necesitarlos si se encuentra un error o algún inconveniente.

Tabla 1. Principios de la metodología XP.

Principio	Descripción
Retroalimentación a Escala Fina	Este principio engloba un <i>feedback</i> para la toma de decisiones como la evaluación de otros compañeros, la evaluación del cliente. La realización de pruebas y en proceso de planificación.
Proceso Continuo en lugar de por lotes	Este principio ayuda a la integración continua de código, entregas pequeñas de trabajo y la refactorización que comprende en evaluar al sistema y corregirlo si es que es necesario.
Entendimiento compartido	En esta categoría se prioriza la realización de un diseño fácil para el usuario y la realización de tarjetas CRC (Clase, Responsabilidad y Colaboración).
Bienestar del programador	Se refiere a dosificar el trabajo al programador por la creencia que un desarrollador que este cansado o abrumado no realizara un trabajo de calidad.

Fuente: López (2015).

Fases programación extrema (XP)

Esta metodología cumple con su propósito cuando mide la funcionalidad del proyecto. Por eso cumple un ciclo tanto el cliente como el programador con las siguientes fases:

1. Fase de exploración:

Con base a los autores Avellanada, Cabrera, Martínez & Albarracín (2017), “esta fase se enfoca en planear y establecer el proyecto, es decir, en preparar y verificar todas las cuestiones relacionadas con el proyecto.” (p.4). Esta fase se pone a prueba las posibilidades de efectuar la aplicación. También los clientes plantean los requisitos de las historias de usuario, el uso de herramientas tecnológicas y prácticas del proyecto. Las historias de usuario:

Según Meléndez, Gaitán & Pérez (2016), las historias de usuarios son “una manera sencilla de explicar el propósito del proyecto. Una buena metáfora será fácil de comprender para el cliente y a su vez tendrán suficiente contenido como para que sirva de guía a la arquitectura del proyecto”. Entonces en las historias de usuario:

- Son planteadas por el usuario final.
- Tiene descripciones cortas sobre la usabilidad y funcionalidad que requiere el sistema.

Ilustración 9. Ejemplo de historia de usuario.

HISTORIA DE USUARIO	
Número:1	Usuario: Administrador, Usuarios Docentes, Usuarios Alumnos
Nombre Historia: Acceso al Sistema	
Prioridad en Negocio: Alta (Alta,Media,Baja)	Riesgo en Desarrollo: Media (Alta, Media,Baja)
Puntos Estimados:2	Iteración Asignada: 1
Programador Responsable: María Gaitán	
Descripción: Los Tipos de Usuarios del sistema tendrán un nombre de usuario Y clave única con la que podrán ingresar, en el caso de los docentes y estudiantes se les generará su perfil de usuario de forma automática.	
Observaciones: Solo los usuarios que estén definidos en el sistema tendrán accesos a sus funcionalidades.	

Fuente: Meléndez, Gaitán & Pérez (2016).

2. Planificación

Según Avellanada, Cabrera, Martínez & Albarracín (2017), “el cliente establece la prioridad y los programadores realizan una estimación del esfuerzo.” (p.4). Entonces en esta fase se realiza una planificación y estimación sobre las entregas de historias de usuario dando priorización a las que sean necesarias y estimar las fechas de entrega.

3. Diseño:

Según Avellanada, Cabrera, Martínez & Albarracín (2017), se base en diseñar el entorno que se va a realizar median el uso de un código sencillo. Esta fase es como realizar un plano sobre lo que se va a realizar, lo que da paso al resultado del primer prototipo visual del producto.

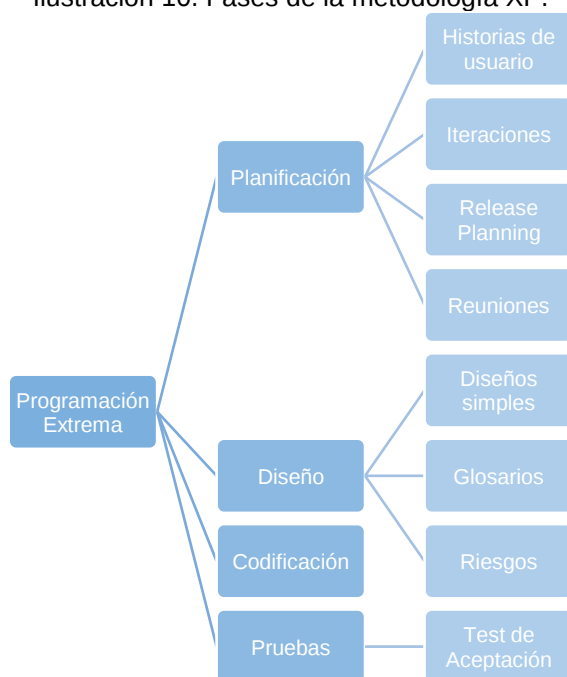
4. Codificación:

Según Avellanada, Cabrera, Martínez & Albarracín (2017), es la parte dónde se desarrolla el producto en base a las historias de usuario, la codificación se debe realizar en base a estándares ya creados porque facilita su comprensión y escalabilidad. Entonces se basa en el desarrollo colectivo para realizar todas las tareas a tiempo, aunque se añadan más personas al trabajo.

5. Prueba:

Según Avellanada, Cabrera, Martínez & Albarracín (2017), uno de los pilares de la metodología de programación extrema es poner a prueba el funcionamiento de los códigos implementados. Por eso es importante realizar las aplicaciones con un entorno y especificaciones concretas para evaluar su funcionamiento y mejorar cualquier falencia.

Ilustración 10. Fases de la metodología XP.



Fuente: modificado a partir de Avellaneda, Cabrera, Martínez & Albarracín (2017).

CAPÍTULO II. DISEÑO METODOLÓGICO

2.1. Caracterización de la empresa

MAGAP

El Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), busca el desarrollo y fortalecimiento de la producción de agricultores con el fin de abastecer alimentos y generar alianzas entre grupos para contribuir con el buen vivir. También busca mejoras en el ámbito comercial, implementación de tecnología, y generar valores agregados a los cultivos para incrementar el desarrollo agrícola e incentivar a los agricultores. Según Cevallos (2017), se busca establecer deberes y responsabilidades en los ecuatorianos para administrar correctamente el patrimonio público. Para ello el MAGAP tiene como metas regular, facilitar, controlar y evaluar la gestión agrícola, ganadera, acuícola y pesquera con el objetivo de mejorar la productividad, sostenibilidad, rentabilidad económica del país.

El MAGAP mediante el **Acuerdo Ministerial N.º 371**, publicado en el **Registro Oficial N.º 81**, tiene como finalidad promover principios, valores, responsabilidades y compromisos éticos que orienten el desempeño de los servidores y trabajadores públicos de la institución. Además, establece normas relacionadas con la conducta institucional, la cooperación, la responsabilidad, la honestidad, la eficiencia, el respeto y la lealtad, con el propósito de fortalecer la cultura organizacional y contribuir al cumplimiento de los objetivos institucionales (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca [MAGAP], 2013). Para cumplir con todos estos principios y deberes éticos existen los siguientes artículos:

Art.1: tiene como objetivo fomentar principios y valores éticos como parte del desarrollo de la cultura institucional para un mejor desempeño de los trabajadores públicos.

Art.2: hace referencia a la delimitación de las leyes que se aplicaran en todos los servidores y trabajadores de la institución.

Art.3: se refiere a las siguientes normas éticas que desempeñan en los trabajadores:

- Reconocer el desempeño de los trabajadores de la institución.
- Sobre la conducta que el personal prestara en beneficio y colectividad de la institución.
- Evitar cualquier acto o persona deshonesto que busque perjudicar a la institución.
- El personal que participen en las actividades políticas deben hacerlo sin involucrar a la institución.
- El personal debe actuar con responsabilidad y cooperar con la misión institucional.

Art. 4: en base a los principios y valores éticos institucionales los trabajadores deben aplicar los siguientes principios:

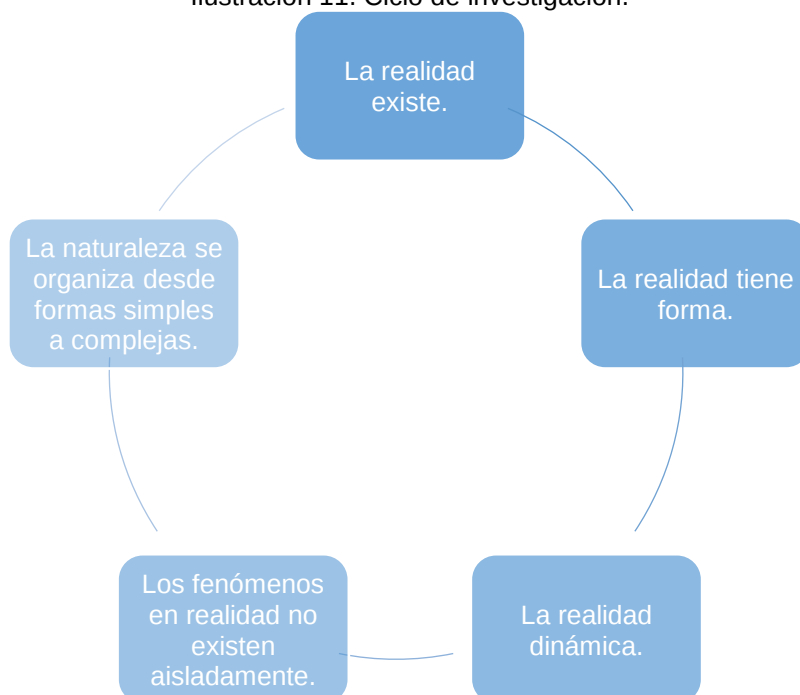
- Respeto en base a la consideración que tiene una persona valorando sus cualidades, derechos y necesidades.
- Cooperación se basa en la contribución de funciones y actividades para que cumplan los objetivos institucionales.
- Eficiencia busca cumplir los objetivos y metas de la institución.
- Responsabilidad es en cumplir en sus obligaciones de manera comprometida.
- Honestidad se debe realizar las actividades de forma transparente en sus acciones.
- Lealtad busca actuar con valores y principios éticos en el desempeño de actividades de la institución.

El MAGAP busca ayudar ambientalmente previniendo, reduciendo y controlando la contaminación que desempeñan en el medio ambiente. Por eso busca contribuir en el área de agricultura con el desarrollo de una plataforma web para concientizar lo importante que es conocer un valor estimado de cuánto fertilizante se debe aplicar en el suelo , puede ayudar que los cultivos se dupliquen o se pierdan.

2.2. Metodología de investigación

Una investigación según Nieto (2018), “Es la que se viene realizando desde que el hombre tuvo la curiosidad científica por desentrañar los misterios del origen de todos los fenómenos de la naturaleza, la sociedad, el pensamiento.” (p.1). Por esto la investigación es esencial porque adquirimos conocimientos nuevos y amplificamos de otros existentes dando solución a interrogantes a través de una actividad intelectual o experimental. La sociedad ha presentado necesidades que se han dado soluciones con base en el desarrollo del conocimiento. Espinoza (2018), menciona que, como toda actividad, la investigación tiene un proceso que se basa en: el de su concepción y planificación, el de su desarrollo o ejecución y el final, para la evaluación e información de sus resultados.

Ilustración 11. Ciclo de investigación.



Fuente: elaboración propia

Enfoque de la investigación

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, debido a que integra el análisis cualitativo de información teórica y diagnóstica con la interpretación cuantitativa de los resultados obtenidos en la validación del sistema.

El componente cualitativo permitió analizar criterios relacionados con el uso de fertilizantes, las variables del suelo y las necesidades del usuario agrícola. Por otra parte, el componente cuantitativo permitió valorar los resultados de la prueba piloto mediante porcentajes de satisfacción obtenidos a partir de los instrumentos aplicados.

Tipo de investigación

La investigación aplicada fue de tipo descriptiva, , permitió recopilar y analizar información relacionada con la situación actual del uso de herramientas tecnológicas para el cálculo de fertilizantes en los cultivos.

Según Gay (1996), “la investigación descriptiva comprende la colección de datos para probar hipótesis o responder a preguntas concernientes a la situación corriente de los sujetos del estudio”. Este tipo de investigación trata de especificar características importantes del tema que se desea estudiar.

Con base en Hernández, Fernández y Baptista (2017), el método descriptivo busca describir situaciones, detallar contextos y sucesos tal como se manifiestan. De igual manera, Nieto (2018) señala que “es una investigación cuyo objetivo principal es recopilar datos e informaciones sobre las características, propiedades, aspectos o dimensiones de las personas, agentes e instituciones de los procesos sociales” (p. 2).

Por lo tanto, este estudio permitió especificar características de grupos, procesos y objetos relacionados con el cálculo de fertilizantes y el desarrollo de una plataforma

web. Además, permitió identificar necesidades y criterios importantes para el diseño del sistema.

Técnicas de recolección de información

Para la recolección de información se utilizaron las técnicas de revisión documental, observación y entrevista. Estas técnicas permitieron obtener información teórica, diagnóstica y funcional para el desarrollo de la plataforma web.

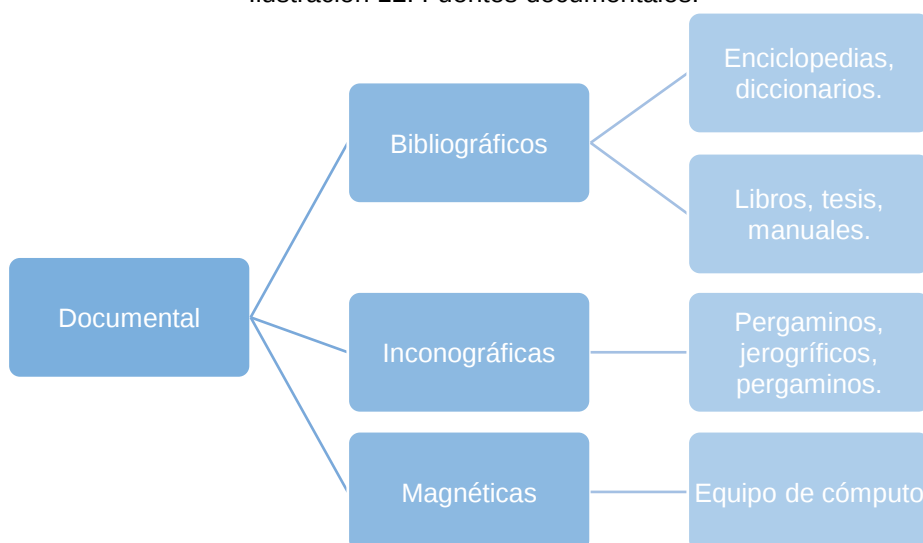
Revisión documental o bibliográfica

La revisión documental o bibliográfica es una técnica que permite buscar información escrita previamente sobre un tema de estudio. Esta técnica ahorra tiempo y esfuerzo, y permite sustentar teóricamente el trabajo de investigación.

Gracias a esto, se puede guiar el trabajo, comparar ideas, analizar criterios de otros autores y obtener conclusiones relacionadas con el tema investigado.

En el presente proyecto, la revisión documental permitió recopilar fundamentos teóricos sobre fertilización agrícola, propiedades del suelo, plataformas web y metodología XP.

Ilustración 12. Fuentes documentales.



Fuente: modificado a partir de Carrasco, Chinguel, Cubas & Cieza (2017).

Observación

Según Piza, Amaquema y Beltrán (2019), la observación “implica adentrarnos en profundidad a las situaciones sociales y mantener un papel activo y una reflexión permanente”. Esta técnica permite recolectar datos mediante la visualización directa del comportamiento, proceso o situación que se desea estudiar.

Con base en Méndez (2018), “la observación es directa cuando el investigador forma parte activa del grupo observado y asume sus comportamientos; recibe el nombre de observación participante”. También se debe considerar que esta técnica puede presentar limitaciones si no se registra adecuadamente la información observada.

En este proyecto, la observación permitió identificar aspectos relacionados con el proceso actual de estimación de fertilizantes y el uso de herramientas tecnológicas en el área agrícola. Esta actividad permitió reconocer necesidades, limitaciones y criterios relevantes para el desarrollo de la plataforma web.

Entrevista

La entrevista, según Piza, Amaquema y Beltrán (2019), “es más íntima, manejable y abierta, se define como una reunión para intercambiar información entre una persona (el entrevistador) y otra (el entrevistado) u otras (entrevistados)” (p. 1).

En este proyecto, la entrevista permitió obtener información directa sobre las necesidades del usuario, los datos requeridos para el cálculo de fertilizantes y las funcionalidades esperadas en la plataforma web. La información obtenida permitió definir criterios importantes para el desarrollo del sistema.

Instrumentos utilizados

Los instrumentos utilizados fueron la ficha de observación, la guía de entrevista y la ficha de validación del sistema.

La ficha de observación permitió registrar aspectos relacionados con el uso actual de tecnología, el manejo de información del cultivo y la forma en que se estima la cantidad de fertilizante. Para realizar esta ficha, el investigador debe estar presente en el lugar donde se estudia el objeto o proceso. Según Zavaleta y Melisa (2017), una ficha de observación es una herramienta de recolección de datos que permite el análisis de comportamientos o características de un objeto estudiado en una investigación.

La guía de entrevista permitió obtener información sobre las necesidades del usuario, los datos requeridos para el cálculo y las funcionalidades esperadas en la plataforma. Por otra parte, la ficha de validación permitió evaluar el funcionamiento del sistema mediante criterios relacionados con funcionalidad, usabilidad y satisfacción del usuario.

Los formatos de estos instrumentos se incorporan en la sección de anexos, con el fin de evidenciar el proceso de recolección de información utilizado durante la investigación.

Procedimiento de aplicación de los instrumentos

El diagnóstico de la situación actual se realizó con el propósito de conocer el uso de herramientas tecnológicas relacionadas con el cálculo de fertilizantes en los cultivos.

En primer lugar, se realizó la revisión documental para fundamentar teóricamente el problema de investigación y conocer aspectos relacionados con fertilización, suelo, cultivos, plataformas web y metodología XP.

Posteriormente, se aplicó la observación para identificar cómo se realiza el proceso de estimación de fertilizantes y qué limitaciones existen en el manejo de la información. Finalmente, se utilizó la entrevista para recopilar información directa sobre las necesidades del usuario y los requerimientos que debía cumplir la plataforma web.

La información obtenida mediante estos instrumentos permitió establecer criterios relevantes para el diseño y desarrollo del sistema, especialmente en lo referente a la selección del tipo de cultivo, ingreso de variables del suelo, cálculo de fertilizantes y presentación de resultados.

2.3. Metodología de desarrollo

Extreme Programming (XP)

Extreme Programming es una metodología para el desarrollo de software que se basa en el costo, tiempo, calidad y alcance. Según Faton (2016), la programación extrema es un modelo de desarrollo de software que simplifica las diversas etapas del desarrollo del sistema para volverse más eficiente, adaptable y flexible. Por eso este método se basa en la buena comunicación entre los desarrolladores y usuarios. Los desarrolladores deben actuar con eficiencia y confianza, se busca minimizar el tiempo y obtener un producto de calidad como resultado final.

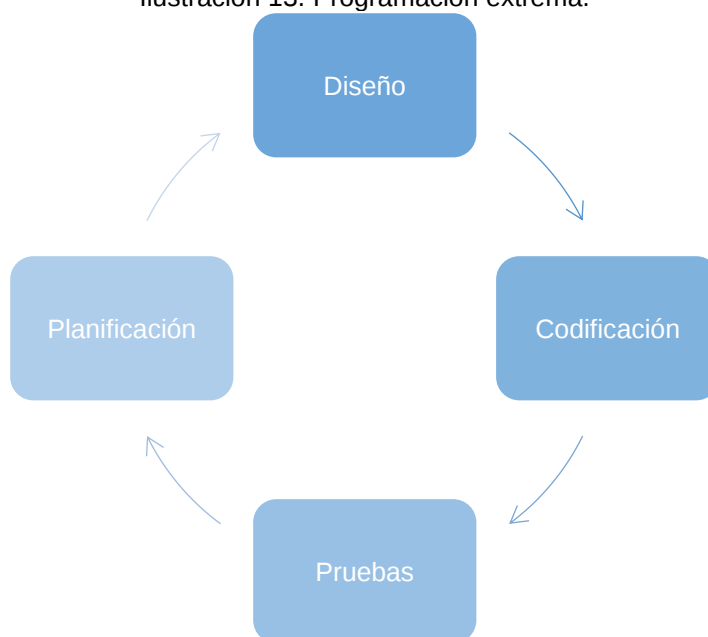
En este proyecto, la metodología XP fue seleccionada debido a su enfoque iterativo y adaptable, lo cual permite ajustar el sistema en función de los requerimientos del usuario agrícola. Además, facilita la validación continua de cada funcionalidad mediante historias de usuario, entregas parciales y pruebas frecuentes, aspectos necesarios para el desarrollo de una plataforma web orientada al cálculo de fertilizantes.

Según Bravo (2017), se enmarca en las metodologías ágiles por su enfoque en el trabajo en equipo y la forma en como permite la rápida integración de las actividades del grupo. Esta metodología permite una revisión continua del código elaborado por el grupo de trabajo, permite la ejecución de pruebas unitarias y elaboración de prototipos mostrados al cliente en intervalos de tiempo más cortos. (p, 13).

El autor Rivera (2017), “es metodología ligera de desarrollo de aplicaciones que se basa en la simplicidad, la comunicación y la realimentación del código desarrollado.” (p, 21). Entonces esta metodología de desarrollo de software está basada en los métodos ágiles, también se basa en el desarrollo incremental, la participación del usuario es activa, donde se van haciendo pruebas que permiten verificar si cumplen con los requisitos del usuario.

Con base en los autores Ramírez, Branch, & Jiménez (2019), “está concebida para proyectos medianos y pequeños donde los requisitos son cambiantes. Por lo tanto, tiene una serie de reglas y recomendaciones que se pueden dividir en planeación y gestión, diseño, codificación, y pruebas para producir un software.” (p, 57). Por eso esta metodología permite que el desarrollo del proyecto del software sea flexible, eficaz y la calidad del producto con el fin de cumplir el objetivo principal que es la satisfacción del cliente y minimizar riesgos en el proyecto.

Ilustración 13. Programación extrema.



Fuente: Fatoni & Dwi (2016).

Fases:

1. Fase de exploración

Se requiere definir el alcance del proyecto y definir lo que el cliente necesita a través de “historias de usuario”. Se debe estimar los tiempos de desarrollo en base a cada historia.

a. Reconocer Usuarios (programador, cliente final MAGAP, Coordinador).

Tabla 2. Historia de usuario 1

Historia de Usuario	
Número: 01	Nombre: Inicio de la aplicación
Usuario: Usuario A	
Modificación de Historia Número: NA	Iteración Asignada: Primera
Prioridad en Negocio: alta	Riesgo en desarrollo: alta
Descripción: El usuario quiere ingresar a la plataforma web y observar las opciones que tiene la aplicación.	
Observaciones: Que las opciones se visualicen apenas se abra la aplicación a través de un menú.	

Fuente: elaboración propia

Tabla 3. Historia de usuario 2

Historia de Usuario	
Número: 02	Nombre: Selección del tipo de cultivo
Usuario: Usuario	
Modificación de Historia Número: NA	Iteración Asignada: Segunda
Prioridad en Negocio: alta	Riesgo en desarrollo: alta
Descripción: El usuario requiere que se despliegue las opciones sobre el tipo de cultivo del que se quiere calcular la cantidad de fertilizantes.	
Observaciones: Debe contener todos los tipos de cultivo y poder seleccionar uno solo.	

Fuente: elaboración propia

Tabla 4. Historia de usuario 3

Historia de Usuario	
Número: 03	Nombre: Cálculo fertilizantes
Usuario: Usuario	
Modificación de Historia Número: NA	Iteración Asignada: Tercera
Prioridad en Negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: Alta
Descripción: El usuario requiere ingresar los datos principales sobre el tipo de cultivo que requiere para el cálculo de fertilizantes	
Observaciones: Debe estar habilitado todos los campos necesarios para ingresar los datos. Se debe obtener el valor del cálculo ya ingresado todos los datos necesarios.	

Fuente: elaboración propia

Tabla 5. Historia de usuario 4

Historia de Usuario	
Número: 04	Nombre: Mensaje/Resultado
Usuario: Usuario	
Modificación de Historia Número: NA	Iteración Asignada: Cuarta
Prioridad en Negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: Alta
Descripción: El usuario requiere visualizar el mensaje o resultado generado por el sistema después de ingresar los datos necesarios para el cálculo de fertilizantes, con el fin de conocer la recomendación obtenida de manera clara y comprensible.	
Observaciones: Debe aparecer el resultado del cálculo cuando se haya comprobado que los datos ingresados fueron correctos.	

Fuente: elaboración propia

Tabla 6. Historia de usuario 5

Historia de Usuario	
Número: 05	Nombre: Información extra del cultivo
Usuario: Usuario Agricultor	
Modificación de Historia Número: NA	Iteración Asignada: Quinta
Prioridad en Negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: Media
Descripción: El usuario requiere visualizar información extra sobre el cálculo de los tipos de cultivo.	
Observaciones: En una ventana debe aparecer información sobre el cálculo de cultivos.	

Fuente: elaboración propia

Tabla 7. Historia de usuario 6.

Historia de Usuario	
Número: 06	Nombre: Gestión información de la plataforma.
Usuario: Usuario MAGAP	
Modificación de Historia Número: NA	Iteración Asignada: Sexta
Prioridad en Negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: Alta
Descripción: El usuario requiere gestionar la información de la plataforma, permitiendo registrar y consultar los datos necesarios para mantener el sistema operativo y actualizado.	
Observaciones: Cargar nueva información sobre los tipos de usuario.	

Fuente: elaboración propia

b. Estimar tiempos

En este proyecto de investigación se estima un periodo de elaboración de la plataforma web en 3 semanas, con un trabajo diario de 4 horas resultando 70 horas de trabajo aproximadamente.

Tabla 8. Cronograma tiempos.

Semanas	Días	Horas
3 semanas (se va a dedicar al desarrollo del proyecto)	6 días (se va a dedicar al desarrollo del proyecto)	4 horas (se va a dedicar al desarrollo del proyecto)

Fuente: elaboración propia

c. Definir alcance de la plataforma web

Se debe obtener una plataforma web dónde el usuario debe ingresar a la plataforma web y registrar los valores sobre el cultivo que va a realizar para obtener un valor estimado sobre qué cantidad de fertilizantes debe usar. La interfaz debe ser fácil de usar e intuitiva, no todos los agricultores están familiarizados con la tecnología. Esto haría que el usuario entienda rápidamente la aplicación y que su uso sea sencillo.

2. Planificación:

Se efectuarán las historias de usuario, en donde se recopilan los requerimientos del sistema, el equipo de desarrollo selecciona las herramientas y tecnologías, y se realicen los primeros prototipos.

Esta metodología se basa en el desarrollo rápido de los sistemas entonces el desarrollador debe elegir sobre qué lenguaje va a trabajar y para este proyecto se han seleccionado cuatro que se muestran en la tabla 9.

Tabla 9. Lenguaje de desarrollo utilizados.

Lenguaje de programación	Descripción
WEB PYTHON	Valarezo, Honores, Gómez & Víneces (2018), Python es un lenguaje fácil de aprender en base a estructuras de datos eficientes, de alto nivel orientada a objetos.
PHP	En base a PHP, el lenguaje de código abierto que es adecuada para el desarrollo web y será incrustado en HTML. El código es ejecutado en el servidor, que genera HTML y se envía al cliente.
JAVASCRIPT	Según Menéndez & Barzanallana, es un lenguaje de programación de <i>scripts</i> orientado a objetos. Especialmente enfocado en desarrollo web.
C#	Con base Valarezo, Honores, Gómez & Víneces (2018), es un lenguaje de programación que con su plataforma permite desarrollar aplicaciones en otros lenguajes de programación que adquiere las mejores características de los lenguajes ya existentes como Visual Basic, Java o C++ y las ajusta en uno solo

Fuente: Tejera, Aguilera & Vílchez (2020).

3. Diseño:

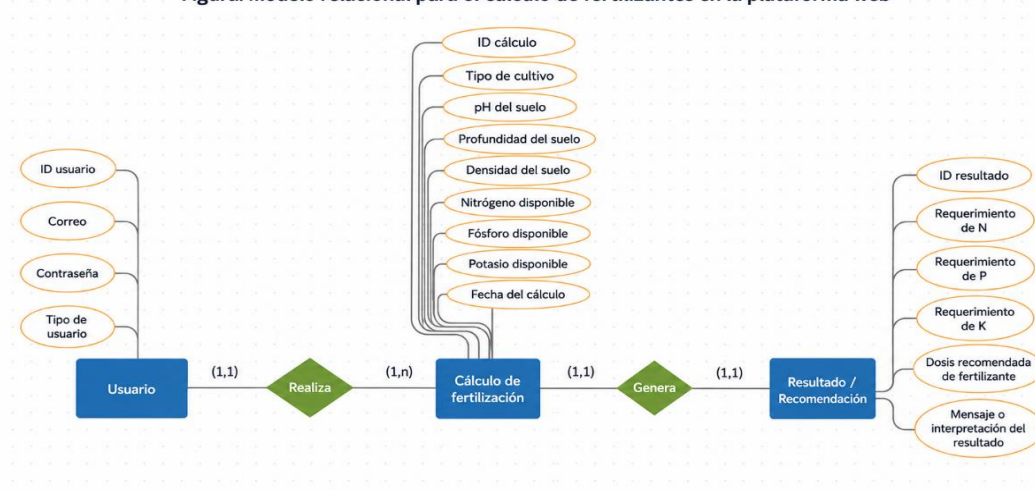
En esta fase, se priorizan las historias de usuario, y se estructura el cronograma de actividades y se coordinan las fechas de la primera entrega.

Base de datos entidad-relación

A continuación, en la ilustración 14 se detalla el modelo de base de datos con el que se implementa la base de datos con la que se desea trabajar la aplicación.

Ilustración 14. Diagrama entidad relación

Figura. Modelo relacional para el cálculo de fertilizantes en la plataforma web



Fuente: elaboración propia.

Fuente: elaboración propia

Estructura de la base de datos

La base de datos del sistema está compuesta por tres tablas principales. La primera es la tabla *cultivos*, que almacena la información de cada cultivo registrado en el sistema, como su nombre, tipo, profundidad del suelo, densidad, y los requerimientos de Nitrógeno, Fósforo y Potasio que el MAGAP estableció para cada uno.

La segunda es la tabla cálculos, que guarda un registro de cada vez que un usuario realiza un cálculo en la calculadora, incluyendo el cultivo seleccionado, el área ingresada y los resultados obtenidos. Esta tabla permite que la plataforma muestre estadísticas en la página de inicio, como el total de cálculos realizados y el cultivo más consultado por los usuarios.

La tercera es la tabla usuarios, que almacena las credenciales del administrador del sistema, quien es el único autorizado para registrar nuevos cultivos a través de la página de retroalimentación.

Módulo de administración

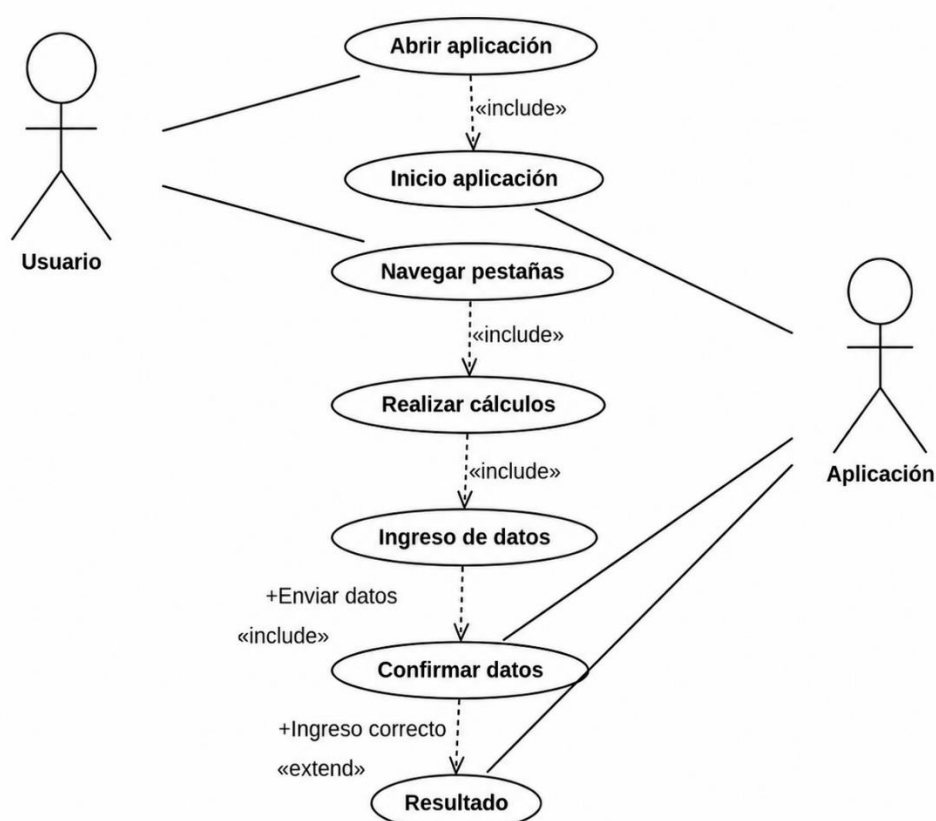
El sistema cuenta con un módulo de acceso restringido para el administrador. Para ingresar, debe usar su usuario y contraseña en la página de inicio de sesión. Una vez autenticado, tiene acceso a la página de retroalimentación, donde puede registrar nuevos cultivos ingresando sus datos técnicos como la profundidad y densidad del suelo, y los requerimientos nutricionales de Nitrógeno, Fósforo y Potasio proporcionados por el MAGAP.

Esto permite que el sistema sea flexible y pueda crecer con el tiempo, , no es necesario modificar el código para agregar un nuevo cultivo, sino que el administrador lo registra directamente desde la plataforma.

Diagrama casos de uso

En la ilustración 15, se observa el diagrama de caso de uso que define la secuencia de acciones o casos que se presentan en la aplicación con base a los requisitos de las historias de usuario.

Ilustración 15. Diagrama casos de uso



Fuente: elaboración propia

Tabla 10. Cronograma de actividades.

N.	Actividad	Semanas				
		12	13	14	15	16
1	Diseño Interfaz	x				
2	Codificación inicio de la aplicación		x	x		
3	Codificación selección del tipo de cultivo			x	x	
4	Codificación cálculo fertilizantes			x	x	
5	Codificación mensaje/resultado			x	x	
6	Codificación información extra del cultivo				x	x
7	Codificación gestión información de la plataforma.				x	x

Fuente: elaboración propia

Diseño Interfaz

Para el diseño de la interfaz de la página de inicio se ha planificado darle la bienvenida, una imagen sobre el tema de la agricultura junto con la información necesaria sobre que trata la aplicación para ayudar al usuario a navegar por la misma. En la tabla 11 se muestra el diseño planeado para esta pestaña.

Tabla 11. Diseño interfaz de Inicio del sistema.

Icono / Título	
Imagen sobre el tema	Descripción
Información sobre los tipos de cultivo.	Formulario

Fuente: elaboración propia

En la interfaz de la pestaña calculadora se colocará una imagen sobre el tema, y el formulario para hacer el cálculo sobre la cantidad estimada a usar. Para esto se debe seleccionar el tipo de cultivo que se desea calcular juntos a los valores de pH, densidad y profundidad del suelo. En la tabla 12 se muestra el diseño planeado para la pestaña de la calculadora.

Tabla 12. Diseño calculador

Icono/Título	
Imagen sobre el tema	Formulario tipo de cultivo
	Botón de enviar

Fuente: elaboración propia

Ya ingresado los datos para el cálculo se desea mostrar una pestaña con un mensaje de confirmación donde se visualicen los datos ingresados y así proceder hacer los cálculos. En la tabla 13 se muestra el diseño planeado para la pestaña de confirmación.

Tabla 13. Mensaje de confirmación.

Título
Impresión de datos ingresados
Botón de Confirmar

Fuente: elaboración propia

Al presionar el botón de confirmar se realizará los cálculos y se visualizarán los resultados de la cantidad de fertilizante que se debe usar según la etapa agostamiento, brotación y formación de frutos. En la tabla 14 se muestra el diseño planeado para esta pestaña.

Tabla 14. Mensaje del resultado.

Título
Impresión del resultado
Agostamiento:
Brotación:
Formación de frutos:
Botón Ok

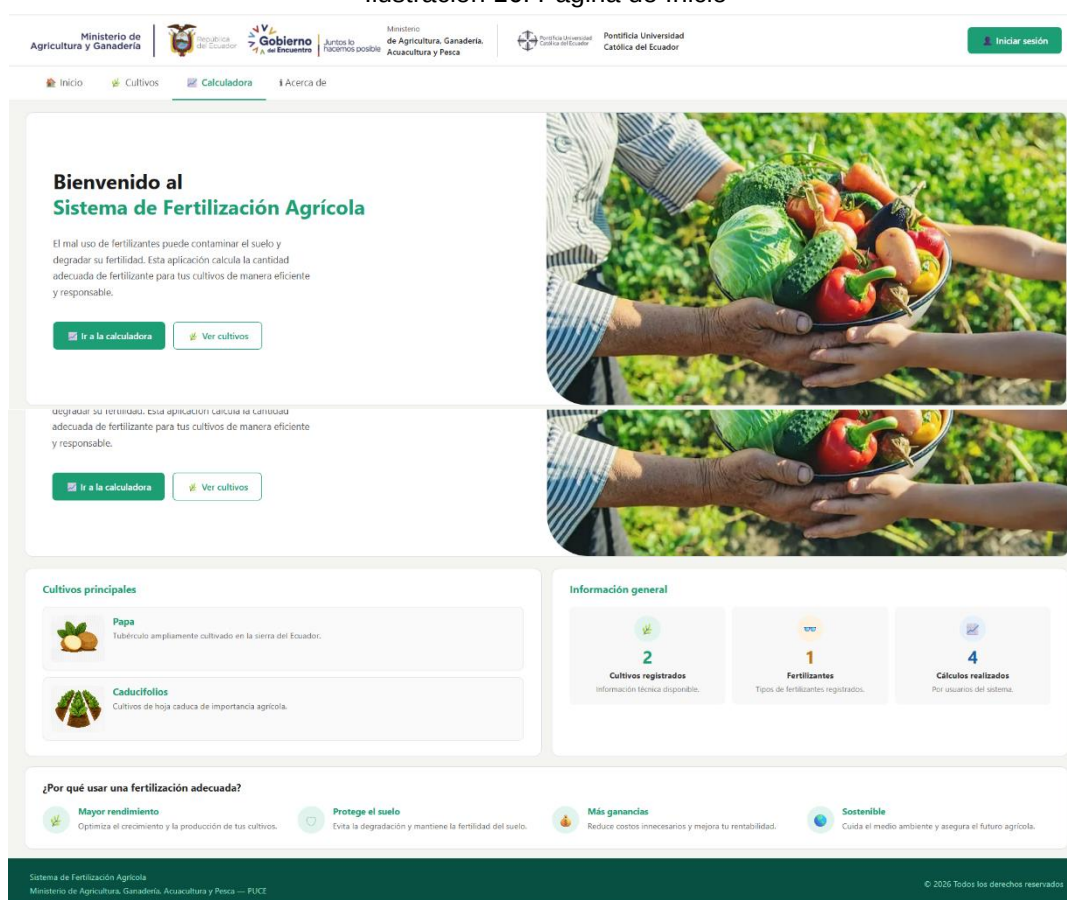
Fuente: elaboración propia

4. Codificación:

Se define la arquitectura del sistema. El plan de Iteración está a cargo de los programadores. Se desarrollan los prototipos que se presentarán al usuario. (Diseño, codifico, pruebo en cada historia de usuario).

En la página de inicio como se ve en la ilustración 16, se encuentran los logotipos de las instituciones relacionadas con la aplicación. Se encuentra una barra de menú para navegar en las pestañas de la aplicación y una descripción sobre el objetivo de esta.

Ilustración 16. Página de Inicio



Fuente: elaboración propia

En la página de cultivo como se ve en la ilustración 17, se encontrará información sobre los cálculos de los diferentes tipos de cultivos, como una guía para el usuario. Es importante identificar las variables que influyen en el suelo como: el pH, la densidad del suelo, la profundidad del suelo, el potasio, el fósforo y el nitrógeno.

**Ministerio de
Agricultura y Ganadería**



República del Ecuador

**Gobierno
de la Equinoccia**

Juntos lo hacemos posible

Ministerio
de Agricultura, Ganadería,
Acuicultura y Pesca

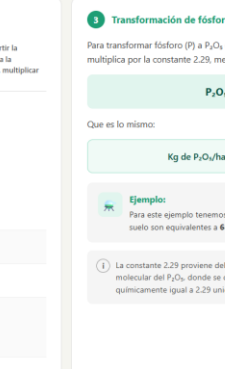
Pontificia Universidad
Católica del Ecuador

[Iniciar sesión](#)

Inicio
Cultivos
Calculadora
Acerca de

Cultivos principales

Información de los cultivos disponibles en el sistema



1 Transformación de ppm de fósforo a kg/ha

En el ejemplo, las 15 ppm de fósforo indican que existen 15 kg de fósforo en 1 000 000 kg de suelo. Si asumimos que la capa arable del suelo pesa 2 000 000 kg tenemos:

15 kg de P _____ 1 000 000 kg de suelo

X _____ 2 000 000 kg de suelo (peso capa arable)

$$X \text{ kg de P/ha} = \frac{15 \text{ kg de P} \times 2\,000\,000 \text{ kg de suelo (peso capa arable)}}{1\,000\,000 \text{ kg de suelo}}$$

X = 30 kg de P/ha

(1) Lo cual significa que las 15 ppm de P en este suelo son equivalentes a 30 kg de P/ha.

2 Conversiones de nutrientes

Nutriente	Columna 1	Columna 2	
Nitrógeno (N) *14.01	N	NO ₃	4.4266
	NO ₃	N	0.22591
	N	KNO ₃	7.22
	KNO ₃	N	0.13855
	KNO ₃	NO ₃	0.61331
	NO ₃	KNO ₃	1.63
	N	NH ₄	1.216
	NH ₄	N	0.8235
	N	NH ₄	1.2857
	NH ₄	N	0.7778
	Fósforo (P) *30.97	P	P ₂ O ₅
P ₂ O ₅		P	0.43646
Potasio (K) *39.10		K	K ₂ O
	K ₂ O	K	0.83013
	Magnesio (Mg) *24.31	Mg	MgO
MgO		Mg	0.60317
Mg		MgCO ₃	3.4675
MgCO ₃		Mg	0.25839
Calcio (Ca) *40.08		Ca	CaO
	CaO	Ca	0.71469
	Ca	CaCO ₃	2.4973
	CaCO ₃	Ca	0.40044
	Azufre (S) *32.06	S	SO ₄
SO ₄		S	0.3333

Para convertir la Columna 1 a la Columna 2, multiplicar por:

3 Transformación de fósforo a P₂O₅

Para transformar fósforo (P) a P₂O₅, como se presentan los fertilizantes, se multiplica por la constante 2.29, mediante fórmula:

$$P_2O_5 = P \times 2.29$$

Que es lo mismo:

$$\text{Kg de } P_2O_5/\text{ha} = \text{kg de P/ha} \times 2.29$$

Ejemplo:

Para este ejemplo tenemos que los 30 kg de P/ha existentes en este suelo son equivalentes a **68.7 kg de P₂O₅/ha**

(1) La constante 2.29 proviene del análisis que se hace a partir del peso molecular del P₂O₅, donde se comprueba que una unidad de P es químicamente igual a 2.29 unidades de P₂O₅.

Fuente: elaboración propia

En la página de la calculadora como se ve en la ilustración 18, se va a poder ingresar los cálculos sobre qué cantidad de fertilizante se debe utilizar en el cultivo. Para ello hay que seleccionar el tipo de cultivo que se desea realizar e ingresar los datos de las variables principales para saber la cantidad que necesita nuestro cultivo.

Ilustración 18. Página cálculo.

Fuente: elaboración propia

Como se ve en la ilustración 19, ya confirmado los datos ingresados en la página se realiza el cálculo y se visualizan los resultados en las tres fases de cultivo que son la de agostamiento, brotación y formación de frutos. Los resultados se reflejarán en la unidad de quintales.

Ilustración 19. Página Resultados.

Fuente: elaboración propia

En la ilustración 20, la pestaña de inicio de sesión para el usuario administrador quien está encargado de dar una retroalimentación de la página web en caso de

necesitarla. También para que pueda crear nuevos tipos de cultivos con el valor recomendable de cada uno.

Ilustración 20. Página iniciar sesión.

Acceso al Sistema
Ingrese sus credenciales para acceder a la plataforma de Fertilización Agrícola.

Iniciar sesión
Ingrese su correo y contraseña para acceder al sistema.

Correo electrónico
ejemplo@correo.com

Contraseña
Ingrese su contraseña

Iniciar sesión

¿Olvidó su contraseña?

Sistema de Fertilización Agrícola
Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca — PUCE

© 2026 Todos los derechos reservados

Fuente: elaboración propia

En la ilustración 21, ya cuando inicie sesión se abrirá la pestaña de retroalimentación para registrar un nuevo tipo de cultivo con sus valores de recomendación y se guarda la información para que aparezca en la calculadora el tipo de cultivo.

Ilustración 21. Página Retroalimentación.

Cultivos registrados
Cultivos disponibles en el sistema de fertilización.

Registrar nuevo cultivo

Cultivo	Profundidad	Densidad	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Acciones
Papa	20 cm	1.44 g/cm ³	125 kg/ha	208.5 kg/ha	95.5 kg/ha	Activo Editar Eliminar
Caducifolios — Durazno	20 cm	1.44 g/cm ³	219.57 kg/ha	160.66 kg/ha	361.38 kg/ha	Activo Editar Eliminar
Caducifolios — Manzana	20 cm	1.44 g/cm ³	167.14 kg/ha	137.71 kg/ha	180.69 kg/ha	Activo Editar Eliminar
Caducifolios — Pera	20 cm	1.44 g/cm ³	192.86 kg/ha	183.61 kg/ha	240.92 kg/ha	Activo Editar Eliminar

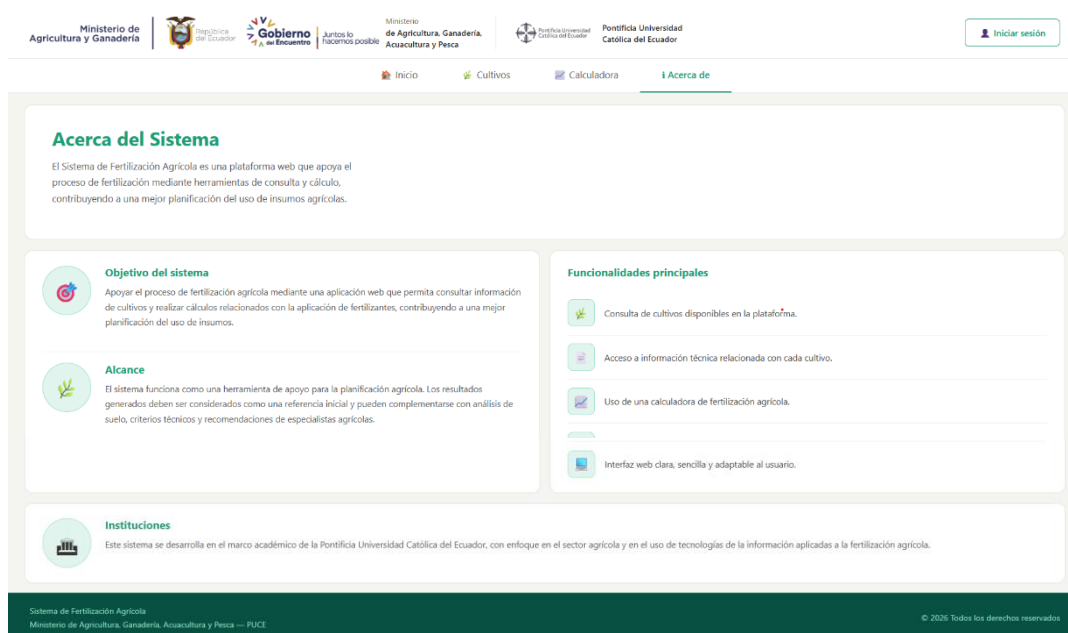
Sistema de Fertilización Agrícola
Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca — PUCE

© 2026 Todos los derechos reservados

Fuente: elaboración propia

En la ilustración 22, se muestra la pestaña “Acerca de la plataforma”, donde se presenta información general del Sistema de Fertilización Agrícola. En esta sección se describe el objetivo del sistema, su alcance, las funcionalidades principales y las instituciones responsables de su desarrollo. Además, se informa que la plataforma permite consultar información de cultivos, acceder a datos técnicos y utilizar la calculadora de fertilización agrícola como apoyo para la planificación y manejo eficiente de insumos agrícolas.

Ilustración 22. Página Acerca de.



Fuente: elaboración propia

5. Prueba:

Se realizan pruebas al sistema antes que llegue completamente al cliente. Pueden surgir nuevas características del sistema en esta fase, y es necesario tomar la decisión de incorporarlas o denegarlas en las siguientes iteraciones. La fase de prueba se detalla en el capítulo tres.

CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

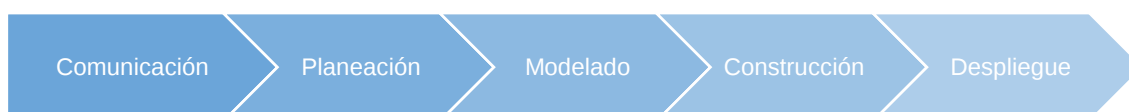
3.1. Validación del sistema

En esta fase se pone a prueba el producto final del proyecto, se realiza una validación por las características del estándar ISO/IEC 9126. Esta validación consiste en verificar cada función del sistema en base a las historias de usuario. Según Yllianes (2018), para asegurar la calidad de software se deben aplicar normas las cuales están divididas en: métricas externas, métricas internas, la calidad de uso y estructura. La estructura se divide en la funcionalidad, fiabilidad, usabilidad, eficiencia, mantenibilidad y portabilidad. Es decir que este estándar busca incluir muchas funcionalidades, una administración práctica, un entorno sencillo para que se pueda usar con facilidad por cualquier usuario.

Con base al autor Ramírez (2017), “ISO/IEC 9126 es un conjunto de normas internacionales que trabajan sobre la calidad del software en base a modelos y métricas de evaluación que se fundamenta en la propuesta de características y sus características que rige el estándar.” (p, 13). Por la cual este estándar permite evaluar las fases del software. También se puede evaluar la calidad de integridad y funcionamiento en el entorno de trabajo que está dirigido. Para esto es importante tener en cuentas la métrica que permite calificar las características de la calidad externa e interna del software.

El proceso de software es un conjunto de fases que contienen actividades y resultados para el desarrollo de un producto. Por eso es importante el monitoreo de la calidad del resultado de este.

Ilustración 22. Fases del proceso de software.



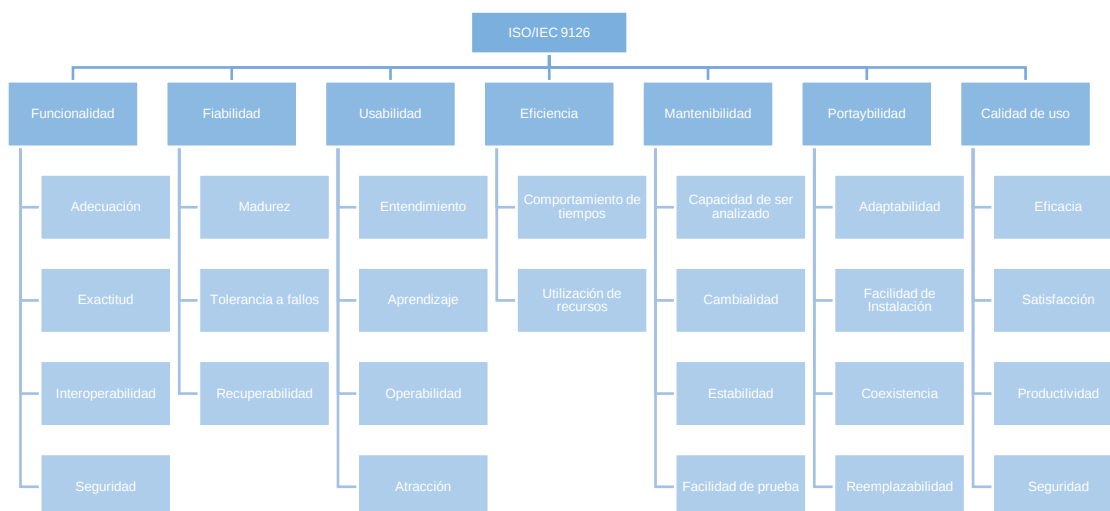
Fuente: elaboración propia

Según Roa (2017), la ISO/IEC 9126 fue creada en 1991, la cual tiene una serie de características de calidad como: la funcionalidad, fiabilidad, usabilidad, eficiencia, mantenibilidad, portabilidad y calidad de uso, que poseen sub características para evaluar la calidad del producto. Entonces en base a las características y sub características cómo se puede visualizar en la ilustración 23, esto permite asignar métricas que ayuda a evaluar y determinar la calidad de la fase para saber si cumple con la norma y estándares asignados al finalizar cada proceso. Por ello es esencial establecer normas internas y externas.

Las características de esta norma en base al autor Márquez (2017) son:

- Funcionalidad: Es la capacidad del software para proveer funciones que satisfacen necesidades establecidas.
- Confiabilidad: Es la capacidad del software para mantener su nivel de desempeño.
- Usabilidad: Es la capacidad del software para ser entendible y utilizable al usuario.
- Eficiencia: Es la capacidad del software para proveer el desempeño apropiado relacionado a la cantidad de recursos usados.
- Mantenibilidad: Es la capacidad del software para ser modificado, además puede incluir correcciones y mejoras en el de entorno de requisitos.
- Portabilidad: La capacidad del software para ser transferido de un ambiente a otro.

Ilustración 23. Características y sub características de la norma ISO/IEC 9126.



Fuente: Roa 2017.

Para evaluar los procesos de software según la norma ISO/IEC 9126, se usa la escala de Likert (tabla 15), que dará valor a cada sub característica para dar un valor a cada proceso para comprobar si cumple con la calidad y avanzar a la siguiente fase o si necesita algún cambio.

Tabla 15. Escala de Likert.

Valor	Descripción
1	Deficiente
2	Insuficiente
3	Aceptable
4	Sobresaliente
5	Excelente

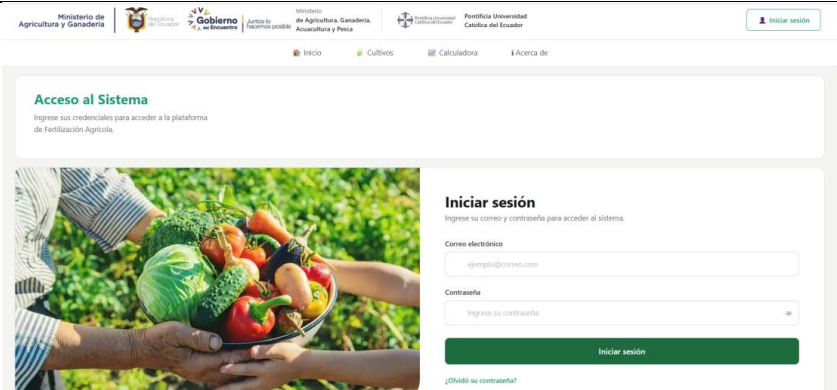
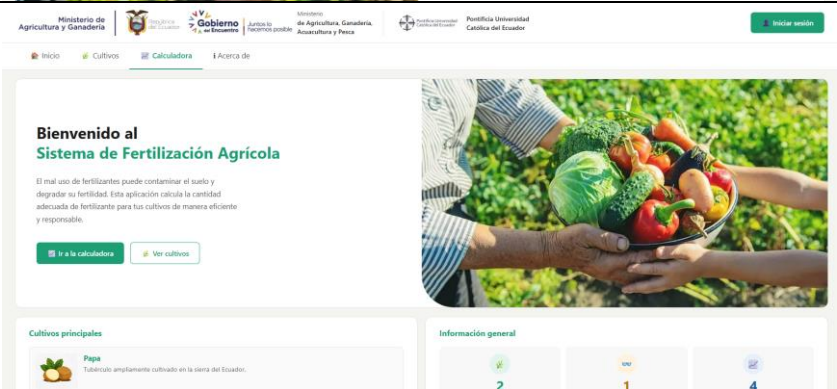
Fuente: Roa 2017.

3.2. Prueba piloto

Para evaluar el funcionamiento de la aplicación, se elaboró una tabla de validación basada en las principales funciones del sistema. En la Tabla 16, se presenta la prueba piloto aplicada a la plataforma web, en la cual se verificó el cumplimiento de los requerimientos establecidos para cada módulo. La evaluación fue realizada por

dos técnicos del MAGAP con conocimiento en el área agrícola y por un docente de la universidad, quienes revisaron la información presentada, la funcionalidad del sistema y los cálculos generados por la aplicación. Esta validación permitió comprobar que los resultados obtenidos son adecuados y que la plataforma cumple con el propósito de apoyar el cálculo estimado de fertilizantes según el tipo de cultivo. Además, las observaciones realizadas por los evaluadores contribuyeron a identificar posibles mejoras en el sistema. En la Tabla 17, se presentan los resultados obtenidos en la prueba piloto de validación.

Tabla 16. Prueba piloto realizada por un representante del MAGAP.

Prueba Piloto	
Requerimiento	Resultado
Inicio de sesión	 The screenshot shows the login page of the 'Sistema de Fertilización Agrícola'. At the top, there is a header with logos of the 'Ministerio de Agricultura y Ganadería', 'Gobierno del Ecuador', and 'Pontificia Universidad Católica del Ecuador'. Below the header, there is a navigation bar with links: 'Inicio', 'Cultivos', 'Calculadora', and 'Acerca de'. The main content area has a title 'Acceso al Sistema' and a subtext 'Ingrese sus credenciales para acceder a la plataforma de Fertilización Agrícola.' There is a large image of hands holding a bowl of vegetables. To the right of the image, there is a login form with fields for 'Correo electrónico' (with the example 'ejemplo@correo.com') and 'Contraseña', and a green 'Iniciar sesión' button. Below the button, there is a link '¿Olvidó su contraseña?'.
Ingresar a la página web	 The screenshot shows the home page of the 'Sistema de Fertilización Agrícola'. The header and navigation bar are the same as in the login page. The main content area has a title 'Bienvenido al Sistema de Fertilización Agrícola' and a subtext 'El mal uso de fertilizantes puede contaminar el suelo y degradar su fertilidad. Esta aplicación calcula la cantidad adecuada de fertilizante para sus cultivos de manera eficiente y responsable.' There are two buttons: 'Ir a la calculadora' and 'Ver cultivos'. Below the buttons, there is a section 'Cultivos principales' with a list of crops: 'Papa' (Tubérculo ampliamente cultivado en la tierra del Ecuador). To the right of the list, there is a large image of hands holding a bowl of vegetables. Below the image, there is a section 'Información general' with three cards: '2', '1', and '4'.
Navegar las pestañas	 The screenshot shows the bottom navigation bar of the 'Sistema de Fertilización Agrícola'. It has the same header and navigation bar as the previous screenshots. The main content area is mostly empty, with a large image of hands holding a bowl of vegetables. Below the image, there is a section 'Información general' with three cards: '2', '1', and '4'.

Información Cultivos

Ministerio de Agricultura y Ganadería



República del Ecuador



Gobierno de la Republica del Ecuador

Juntos lo hacemos posible

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Inicio

Cultivos

Calculadora

Acerca de

Cultivos principales

Información de los cultivos disponibles en el sistema



Cultivos disponibles

Papa

Caducifolios

Calculadora fertilizante

Ministerio de Agricultura y Ganadería



República del Ecuador



Gobierno de la Republica del Ecuador

Juntos lo hacemos posible

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Inicio

Cultivos

Calculadora

Acerca de

Calculadora de Fertilización Agrícola

Ingrese los datos del suelo y cultivo para obtener la recomendación de fertilización.

1. Seleccione el cultivo

☒ Papa

☐ Caducifolios
Arboles y frutales

3. Nutrientes del suelo (ppm)

Nitrogeno (N)
0

Fosforo (P)
0

Potasio (K)
0

Calcular

2. Propiedades del suelo

Profundidad del suelo (cm)
0

Densidad del suelo (g/cm³)
0

pH del suelo
0

Nitrogeno del suelo (ppm)
0

4. Fertilizante a utilizar (kg/ha)

N (kg/ha)
0

P (kg/ha)
0

K (kg/ha)
0

Cultivo de papa

Resultados de la recomendación

Agostamiento:
qq de N: 3,81
qq de P: 0
qq de K: 0

Resultados

Resultados de la recomendación

Agostamiento:
qq de N: 3,81
qq de P: 0
qq de K: 0

Brotación:
qq de N: 2,2
qq de P: 3,84
qq de K: 0,73

Formación de Frutas:
qq de N: 3,81
qq de P: 0
qq de K: 1,10

Sistema de Fertilización Agrícola

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca — PUCE

Retroalimentación

Ministerio de Agricultura y Ganadería



República del Ecuador



Gobierno de la Republica del Ecuador

Juntos lo hacemos posible

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Inicio

Cultivos

Calculadora

Acerca de

Cultivos registrados

Cultivos disponibles en el sistema de fertilización.

Registrar nuevo cultivo

Papa
Profundidad: 20 cm | Densidad: 1,44 g/cm³ | N: 125 kg/ha | P₂O₅: 205,5 kg/ha | K₂O: 95,5 kg/ha

Activo Editar Eliminar

Caducifolios — Durazno
Profundidad: 20 cm | Densidad: 1,44 g/cm³ | N: 218,57 kg/ha | P₂O₅: 160,66 kg/ha | K₂O: 361,38 kg/ha

Activo Editar Eliminar

Caducifolios — Manzana
Profundidad: 20 cm | Densidad: 1,44 g/cm³ | N: 167,14 kg/ha | P₂O₅: 137,71 kg/ha | K₂O: 100,69 kg/ha

Activo Editar Eliminar

Caducifolios — Pera
Profundidad: 20 cm | Densidad: 1,44 g/cm³ | N: 192,86 kg/ha | P₂O₅: 163,61 kg/ha | K₂O: 240,92 kg/ha

Activo Editar Eliminar

Sistema de Fertilización Agrícola

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca — PUCE

© 2016. Todos los derechos reservados

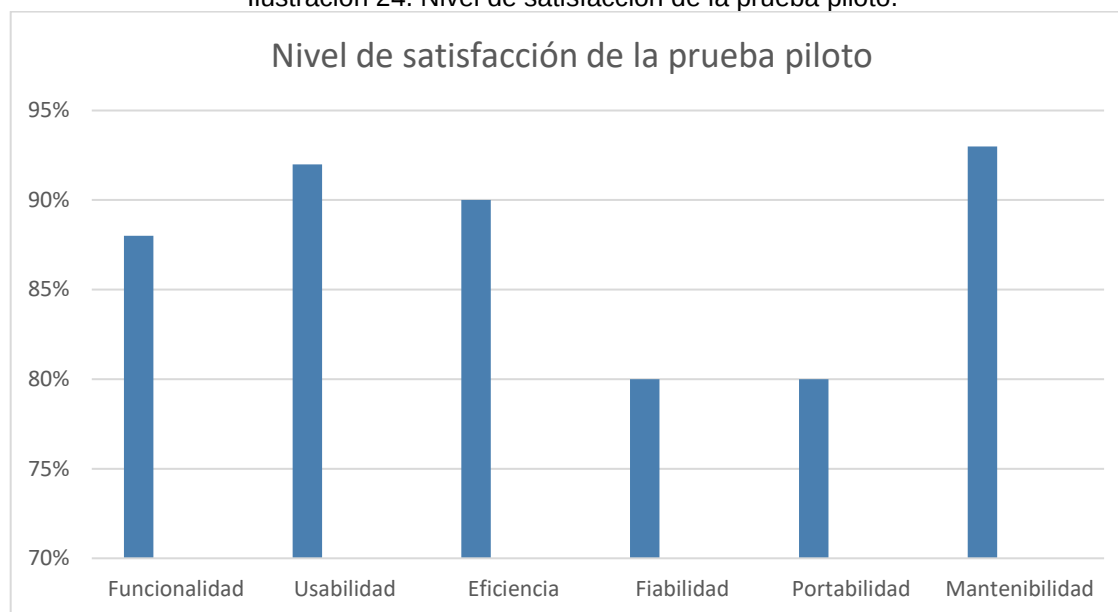
Tabla 17. Resultados de prueba de validación.

Estándar	Característica	Sub-Característica	Puntaje
ISO/IEC 9126-2 E ISO/IEC 9126-3 (METRICAS INTERNAS Y METRICAS EXTERNAS)	Funcionalidad	Cumplimiento de funcionalidad	5
		Adecuación	4
		Exactitud	5
		Interoperabilidad	4
		Seguridad de Acceso	4
	Usabilidad	Capacidad de ser entendido	5
		Capacidad de ser aprendido	5
		Capacidad de ser operado	5
		Capacidad de atracción	4
		Cumplimiento de Usabilidad	4
	Eficiencia	Tiempo de respuesta a acciones	4
		Utilización de recursos	5
	Fiabilidad	Tolerancia a Fallos	4
		Capacidad de recuperación	4
	Portabilidad	Capacidad de adaptación	4
	Mantenibilidad	Capacidad de ser analizado	4
		Capacidad de ser cambiado	5
		Capacidad de ser probado	5

Fuente: elaboración propia

En los resultados obtenidos en la prueba piloto por parte de la representante de MAGAP el porcentaje de satisfacción es del 89% con 80 puntos de 90 posibles. En el gráfico 24 se muestran los resultados de manera visual, en funcionalidad se obtuvo el 88%, en usabilidad se obtuvo el 92%, en eficiencia se obtuvo el 90%, en fiabilidad se obtuvo el 80%, en la portabilidad se obtuvo el 80% y en la mantenibilidad se obtuvo el 93%.

Ilustración 24. Nivel de satisfacción de la prueba piloto.



Fuente: elaboración propia

3.3. Análisis de los resultados de la validación

En esta fase se muestran los resultados obtenidos mediante la aplicación, dónde se valida la calidad del producto para medir satisfacción y usabilidad por los usuarios. En la tabla 18 se muestra los resultados de la evaluación realizada por parte de uno de los profesionales en el área de desarrollo de *software*.

Tabla 18. Resultados de validación 1.

Estándar	Característica	Sub Característica	Puntaje
ISO/IEC 9126-2 E ISO/IEC 9126-3 (METRICAS INTERNAS Y METRICAS EXTERNAS)	Funcionalidad	Cumplimiento	5
		Adecuación	4
		Exactitud	5
	Usabilidad	Capacidad de ser entendido	4
		Capacidad de ser aprendido	5
		Capacidad de ser operado	5
		Capacidad de atracción	4
		Cumplimiento de Usabilidad	4
	Eficiencia	Tiempo de respuesta a acciones	4

Fuente: modificado a partir de Ortega & Villavicencio (2011).

Para el experto en el área de agricultura tiene una satisfacción total del 89% con la obtención de un resultado de 40 de 45 aciertos.

Tabla 19. Resultados de validación 2.

Estándar	Característica	Sub Característica	Puntaje
ISO/IEC 9126-2 E ISO/IEC 9126-3 (METRICAS INTERNAS Y METRICAS EXTERNAS)	Funcionalidad	Cumplimiento	5
		Adecuación	4
		Exactitud	5
	Usabilidad	Capacidad de ser entendido	5
		Capacidad de ser aprendido	5
		Capacidad de ser operado	5
		Capacidad de atracción	4
		Cumplimiento de Usabilidad	5
	Eficiencia	Tiempo de respuesta a acciones	4

Fuente: modificado a partir de Ortega & Villavicencio (2011)

Para el usuario final agricultor tiene una satisfacción total del 93% con la obtención de un resultado de 42 de 45 aciertos.

Tabla 20. Resultados de validación 3.

Estándar	Característica	Sub Característica	Puntaje
ISO/IEC 9126-2 E ISO/IEC 9126-3 (METRICAS INTERNAS Y METRICAS EXTERNAS)	Funcionalidad	Cumplimiento	5
		Adecuación	4
		Exactitud	5
	Usabilidad	Capacidad de ser entendido	5
		Capacidad de ser aprendido	5
		Capacidad de ser operado	5
		Capacidad de atracción	4
		Cumplimiento de Usabilidad	4
	Eficiencia	Tiempo de respuesta a acciones	4

Fuente modificado a partir de Ortega & Villavicencio (2011).

Para un representante del personal del MAGAP tiene una satisfacción total del 91% con la obtención de un resultado de 41 de 45 aciertos. En la tabla 21 se reflejan los resultados.

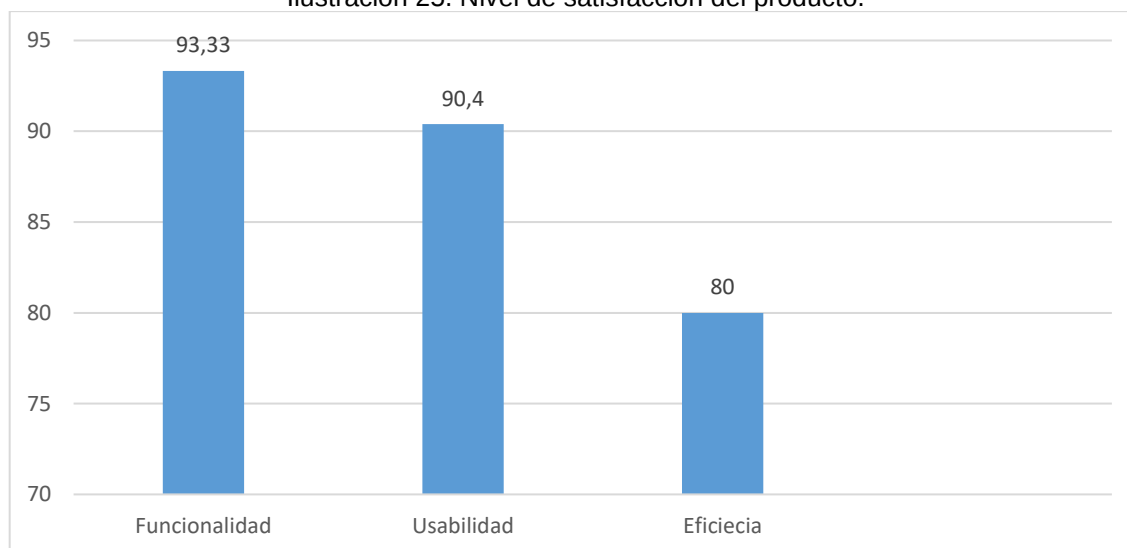
Tabla 21. Resultado total de las pruebas de validación en el área de construcción.

Estándar	Característica	Sub Característica	Puntaje (%)
ISO/IEC 9126-2 E ISO/IEC 9126-3 (METRICAS INTERNAS Y METRICAS EXTERNAS)	Funcionalidad	Cumplimiento	100
		Adecuación	80
		Exactitud	100
	Usabilidad	Capacidad de ser entendido	86
		Capacidad de ser aprendido	100
		Capacidad de ser operado	100
		Capacidad de atracción	80
		Cumplimiento de Usabilidad	86
	Eficiencia	Tiempo de respuesta a acciones	80

Fuente: modificado a partir de Ortega & Villavicencio (2011).

Después de analizar los resultados de la evaluación del producto se puede visualizar que tiene una buena aceptación por los usuarios y evaluadores, en donde el valor más bajo es la eficiencia con una aprobación del 80%, sin embargo, los usuarios si están satisfechos con este indicador. En la figura 25 se muestra un gráfico que determina el porcentaje de satisfacción total frente a los criterios de validación de la calidad del producto según la norma.

Ilustración 25. Nivel de satisfacción del producto.



Fuente: elaboración propia

CONCLUSIONES

- La revisión bibliográfica permitió identificar los fundamentos teóricos relacionados con la fertilización agrícola, las propiedades del suelo, los tipos de fertilizantes y el funcionamiento de las plataformas web. Esta información sirvió como base para comprender el problema del uso inadecuado de fertilizantes y definir las variables necesarias para el desarrollo de la plataforma.
- La plataforma web fue desarrollada mediante la metodología Programación Extrema XP, utilizando historias de usuario, planificación de iteraciones, diseño de interfaces, codificación por módulos y pruebas funcionales. Como resultado, se obtuvo un sistema que permite seleccionar el tipo de cultivo, ingresar variables del suelo y generar una estimación de fertilizante requerida. realizado.
- La validación de la aplicación realizada mediante una prueba piloto fue satisfactoria. Las pruebas fueron realizadas por personas que conocen del área de sistemas y agricultura, donde cada requerimiento fue un éxito. La validación del producto se basó en la norma ISO/IEC 9126, donde se midió el porcentaje de satisfacción del usuario final, obteniendo los siguientes resultados: funcionalidad el 88%, usabilidad el 92%, eficiencia el 90%, fiabilidad el 80%, portabilidad el 80% y mantenibilidad el 93%, alcanzando un nivel de satisfacción general del 89%.
- La plataforma web cuenta con un módulo de administración que permite registrar nuevos cultivos con sus parámetros técnicos específicos, sin necesidad de modificar el código del sistema. Esto hace que la plataforma sea adaptable y pueda incorporar nuevos cultivos en el futuro, lo que representa un aporte importante para instituciones como el MAGAP que trabajan con una variedad amplia de tipos de cultivo.

RECOMENDACIONES

- Para la investigación bibliográfica del tema del proyecto se recomienda desarrollar una tabla con las palabras claves para que facilite organizar un esquema con los subtemas que ayuden a profundizar la investigación. Esto facilita el desarrollo del proyecto y ayuda a que no perdamos el objetivo de este.
- Para garantizar que el producto funcione correctamente, se recomienda hacer una reunión con los usuarios para profundizar sus necesidades correctamente y se pueda realizar las historias de usuario cumplan con su rol. Esto ayuda a optimizar el tiempo y a proporcionar información complementaria de la aplicación.
- Una vez realizada la prueba de validación, se recomienda desarrollar un plan de mejora sobre las características que tuvieron un menor índice de satisfacción en la evaluación, para mejorar y optimizar la aplicación , el usuario necesita un producto que sea fácil de aprender, fácil de usar y que sea visualmente atractiva.
- Una vez que la plataforma esté en producción, se recomienda conectarla a una base de datos en línea, de manera que los contadores que aparecen en la página de inicio, como el número de cultivos registrados, el cultivo más consultado y el total de cálculos realizados, se actualicen automáticamente con cada uso de la plataforma. Esto permitirá que tanto el administrador como los usuarios puedan ver información actualizada en todo momento.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, I., Sánchez, A., & Mendoza, B. (2021). Evaluación del nivel de degradación del suelo en dos sistemas productivos en la depresión de Quíbor. II. Calidad del suelo. *Bioagro*, 33(2), 127-134.
- Acosta, C. (2007). El suelo agrícola, un ser vivo. *Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos*, (5), 55-60.
- Aguilar Carpio, C., Alcántara Jiménez, J. Á., Leyva Bautista, S., Ayvar Serna, S., & Díaz Villanueva, G. E. (2019). Rendimiento y rentabilidad de genotipos de papaya en función de la fertilización química, orgánica y biológica. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(3), 575-584.
- Bedolla-Ochoa, C. U. T. Z. I., Bautista, F. R. A. N. C. I. S. C. O., Ihl, T., & Dubrovina, I. (2017). Diversidad de suelos y su distribución espacial. *La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado*, 2, 55-63.
- Bernier, R., & Bortolameolli, G. (2000). Técnicas de diagnóstico de fertilidad del suelo, Fertilización de praderas, cultivos y mejoramiento de praderas. *Serie Actas-Instituto de Investigaciones Agropecuarias*.
- Calderón-Medina, C. L., Bautista-Mantilla, G. P., & Rojas-González, S. (2018). Chemical, physical, and biological soil properties, indicators of the status of different ecosystems in a high terrace of the Meta department. *Orinoquia*, 22(2), 141-157.
- Cárdenas Pina, C. I., & Uriol Olivares, D. E. (2016). Sistema web para la gestión documental de titulación en la escuela de ingeniería de sistemas de la Universidad Nacional de Trujillo.

- Carrasco, S. M. P., Chinguel, G. R. C., Cubas, M. M. F., & Cieza, R. Y. R. (2017). El estudio y la investigación documental: Estrategias metodológicas y herramientas TIC. Gerardo Chunga Chinguel.
- Condor, F. M. L. (2016). Vulnerabilidad y dependencia internacional de fertilizantes en el Ecuador. *Revista Tecnológica-ESPOL*, 29(2).
- Espinoza, I. D. N., Zenteno, M. D. C., Chávez, J. C., Moreiral, V. N., Solarte, K. E. A., & Intriago, F. L. M. (2018). Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Temas agrarios*, 23(2), 177-187.
- Fao. (2002). *Los Fertilizantes y Su USO una Guía de Bolsillo para los Oficiales de Extensión*. Food & Agriculture Org.
- Guillén, X. V., & Moldes, L. N. (2019). Arquitectura de aplicaciones web.
- Gutiérrez, H. C. (2021). *Los elementos de investigación*. Magisterio.
- Heurtel, O. (2016). *PHP 7: Desarrollar un sitio web dinámico e interactivo*. Ediciones ENI.
- Joskowicz, J. (2008). Reglas y prácticas en eXtreme Programming. *Universidad de Vigo*, 22.
- Lerma-Blasco, R. V., Murcia, J. A., & Talón, A. E. M. (2013). *Aplicaciones web*. McGraw-Hill/Interamericana de España.
- Letelier, P. (2006). Metodologías ágiles para el desarrollo de software: eXtreme Programming (XP).
- Loaiza, J. (2011). El recurso suelo. *Suelos ecuatoriales*, 41(1), 6-18.

- Mora Mueckay, C. A., & Solórzano Falcones, m. U. (2017). *Determinación del volumen de humedecimiento de tres tipos de suelo con el uso de hidrogel* (Doctoral dissertation).
- Márquez Centeno, A. M. (2017). Desarrollo de una aplicación web para evaluar procesos de software que utilizan metodología wsdm, mediante la norma iso iec 9126.
- Murillo, R. L., Cunuhay, K. E., Trávez, R. T., Méndez, C. U., Coronel, A. E., & Albornoz, A. B. (2016). Respuesta de variedades de papa (*Solanum tuberosum*, L) a la aplicación de abonos orgánicos y fertilización química. *Revista Ciencia y Tecnología*, 9(1), 11-16.
- Ramírez Aguilar, J. J. (2017). Desarrollo de una aplicación web para evaluar los procesos de software utilizando la norma iso/iec 9126 considerando la metodología uwa.
- Roa García, W. A. (2017). Construcción de aplicación web para evaluar procesos de software utilizando norma iso iec 9126 y la metodología oohdm.
- Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce de León, J., & Hill, M. (2004). Propiedades físicas del suelo. *Universidad de la República: Facultad de agronomía. Montevideo, Uruguay*.
- Segueda, A. N., Correa, G. V., Blanco, J. L., & Gamino, M. D. L. R. (2011). Naturaleza y utilidad de los indicadores de calidad del suelo. *ContactoS*, 80, 29-37.
- Tejera-Martínez, F., Aguilera, D., & Vílchez-González, J. M. (2020). Lenguajes de programación y desarrollo de competencias clave. *Revisión sistemática. Revista electrónica de investigación educativa*, 22.

- Valarezo Pardo, M. R., Honores Tapia, J. A., Gómez Moreno, A. S., & Vínchez Sánchez, L. F. (2018). COMPARACIÓN DE TENDENCIAS TECNOLÓGICAS EN APLICACIONES WEB. *3C Tecnología*, 7(3).
- van Konijnenburg, A. A. (2006). Agricultura Orgánica El Suelo: sus componentes físicos.
- Yllanes, M. R. A. (2018). Sistema Web Swgpi En La Gestión De Proyectos De Investigación Evaluado Con La Iso/lec 9126. *Revista de Investigaciones de la Escuela de Posgrado de la UNA PUNO*, 7(2), 537-547.
- Zavaleta, M., & Melisa, D. (2017). Aplicación de la Mejora de procesos para incrementar la productividad del área de producción de una empresa de Calzado, Lima, 2017.

ANEXOS

Anexo 1. Modelo de evaluación por parte del personal del MAGAP



ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

Tema:

DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA WEB PARA CONTROL Y OPTIMIZACIÓN DE FERTILIZACIÓN AGRÍCOLA

Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero en Tecnologías de la Información

Objetivo:

El instrumento tiene como objetivo realizar la validación del sistema con base a las características y sub características de la norma ISO/IEC9126, para evaluar si cumple con los requerimientos el producto de software.

Indicaciones:

Se debe evaluar con base a la escala de Likert con los siguientes valores:

1. Deficiente
2. Insuficiente
3. Aceptable
4. Sobresaliente
5. Excelente

Estándar	Característica	Sub Característica	Puntaje
ISO/IEC 9126-2 E ISO/IEC 9126-3 (METRICAS INTERNAS Y METRICAS EXTERNAS)	Funcionalidad	Cumplimiento	
		Adecuación	
		Exactitud	
	Usabilidad	Capacidad de ser entendido	
		Capacidad de ser aprendido	
		Capacidad de ser operado	
		Capacidad de atracción	
		Cumplimiento de Usabilidad	
	Eficiencia	Tiempo de respuesta a acciones	

Anexo 2. Modelo de para la evaluación “Prueba Piloto”.



ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

Tema:

DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA WEB PARA CONTROL Y OPTIMIZACIÓN DE FERTILIZACIÓN AGRÍCOLA

Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero en Tecnologías de la Información

Objetivo:

El instrumento tiene como objetivo realizar la validación del sistema con base a las características y sub características de la norma ISO/IEC9126, para evaluar si cumple con los requerimientos el producto de software.

Indicaciones:

Se debe evaluar con base a la escala de Likert con los siguientes valores:

- 6. Deficiente
- 7. Insuficiente
- 8. Aceptable
- 9. Sobresaliente
- 10. Excelente

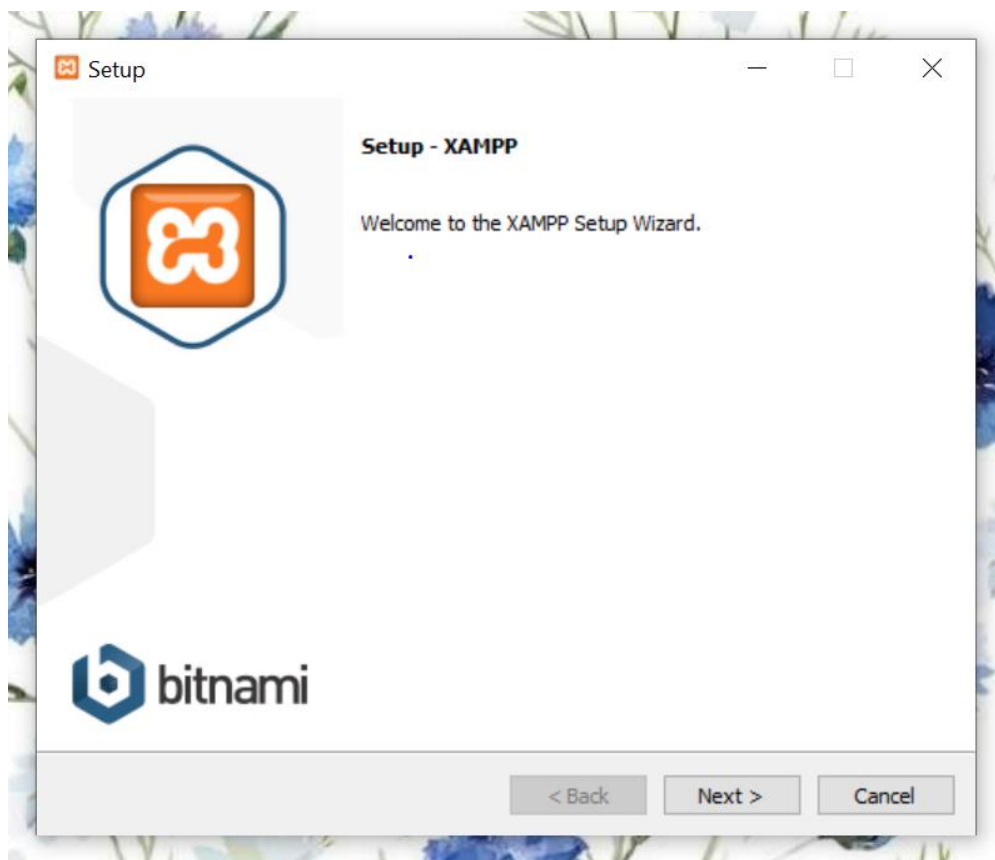
Estándar	Característica	Sub-Característica	Puntaje
ISO/IEC 9126-2 E ISO/IEC 9126-3 (METRICAS INTERNAS Y METRICAS EXTERNAS)	Funcionalidad	Cumplimiento de funcionalidad	
		Adecuación	
		Exactitud	
		Interoperabilidad	
		Seguridad de Acceso	
	Usabilidad	Capacidad de ser entendido	
		Capacidad de ser aprendido	
		Capacidad de ser operado	
		Capacidad de atracción	
		Cumplimiento de Usabilidad	
	Eficiencia	Tiempo de respuesta a acciones	
		Utilización de recursos	
	Fiabilidad	Tolerancia a Fallos	
		Capacidad de recuperación	
	Portabilidad	Capacidad de adaptación	
	Mantenibilidad	Capacidad de ser analizado	
		Capacidad de ser cambiado	
		Capacidad de ser probado	

Anexo 3. Instalación del servidor mediante XAMPP

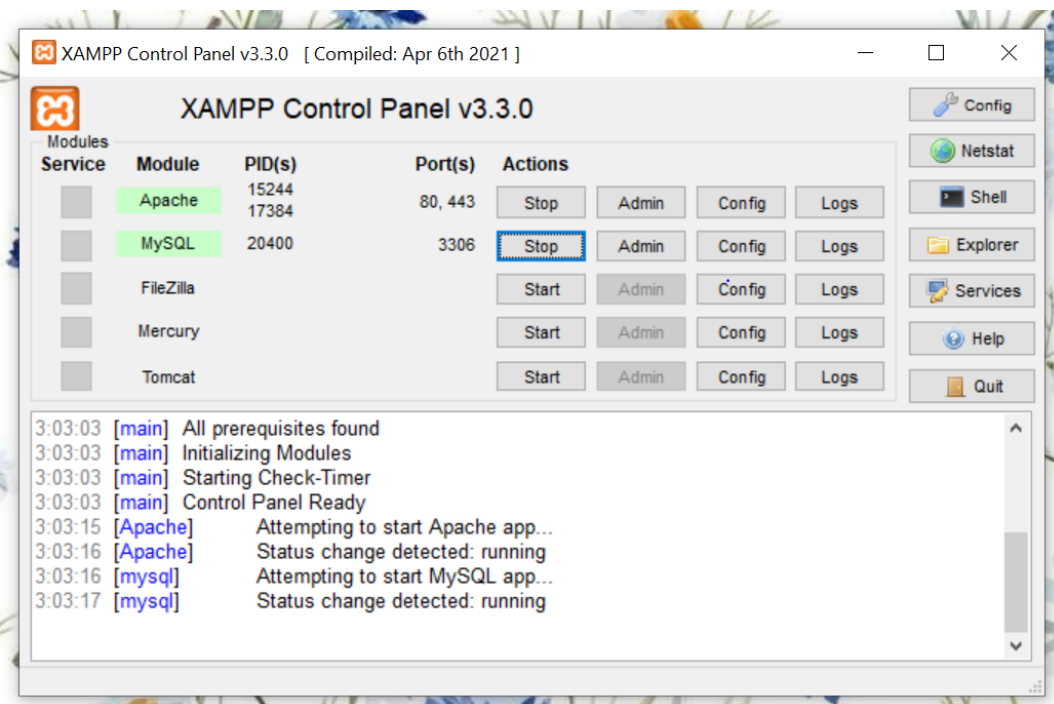
1. Entrar a la página web de descarga <https://www.apachefriends.org>
2. Descargar el archivo según tu sistema operativo o versión que deseas usar.



3. Seguir todo el proceso de instalación cuando se termine la descarga. (Se recomienda todos los valores por defecto).

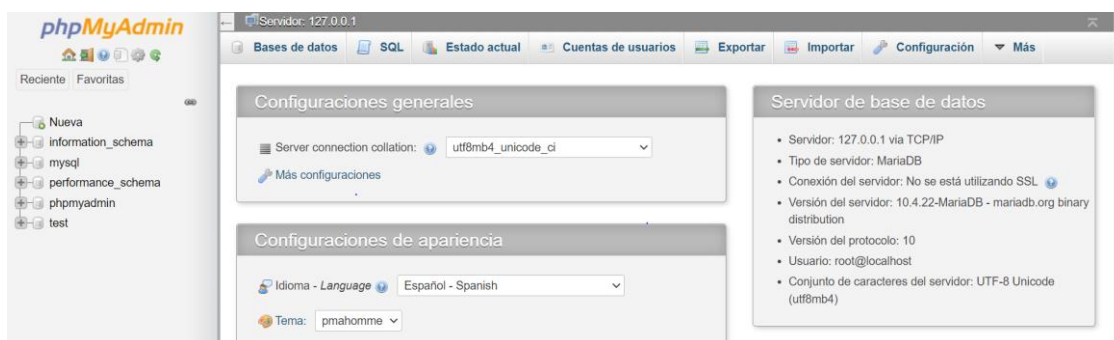


- Al finalizar el proceso se habrá creado una carpeta llamada XAMPP en el directorio que se definió en el disco local C.

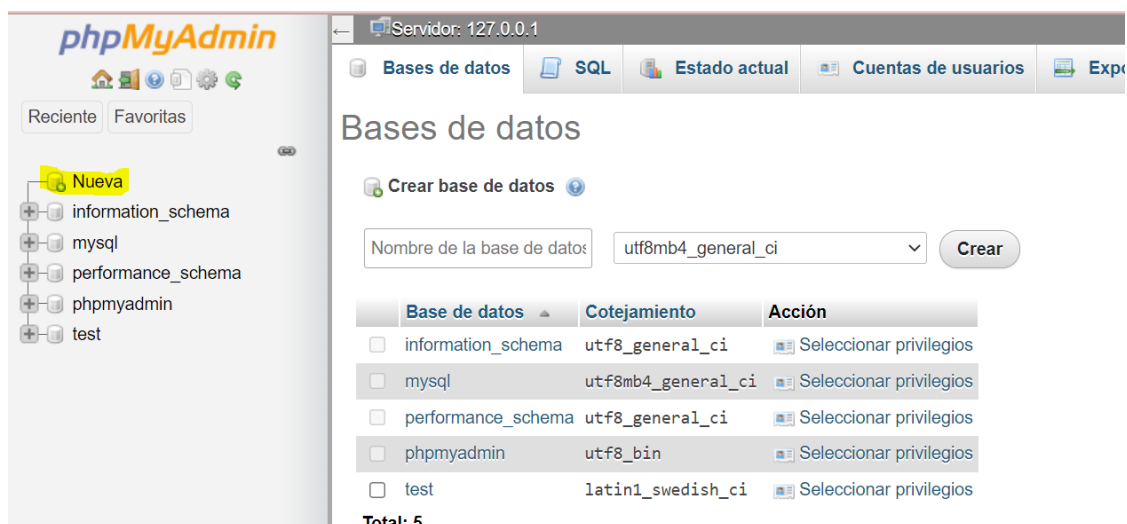


Creación de la base de datos (XAMPP)

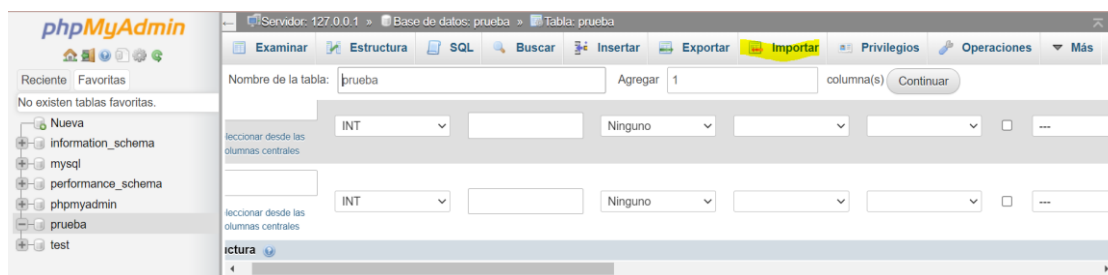
- Activamos el servidor.
- Entramos desde un navegador a localhost en el menú le damos a PHPMYADMIN.



3. Creamos una base de datos nueva y le damos un nombre.



4. Le damos a importar



1. Seleccionamos el archivo de script y ejecutamos.

Archivo a importar:

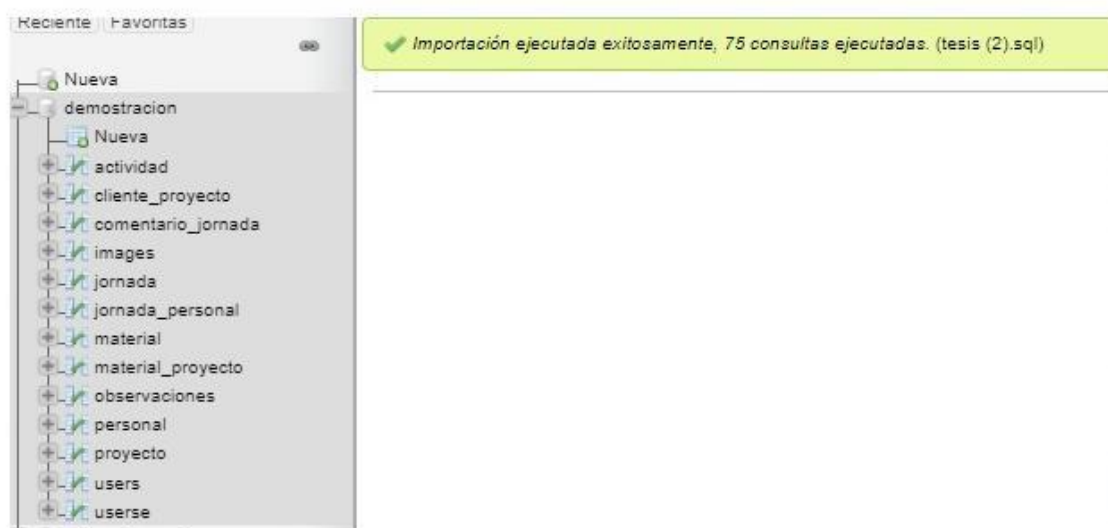
El archivo puede ser comprimido (gzip, bzip2, zip) o descomprimido.

Un archivo comprimido tiene que terminar en **[formato].[compresión]**. Por ejemplo: **.sql.zip**

Buscar en su ordenador: Ningún archivo seleccionado (Máximo: 40MB)

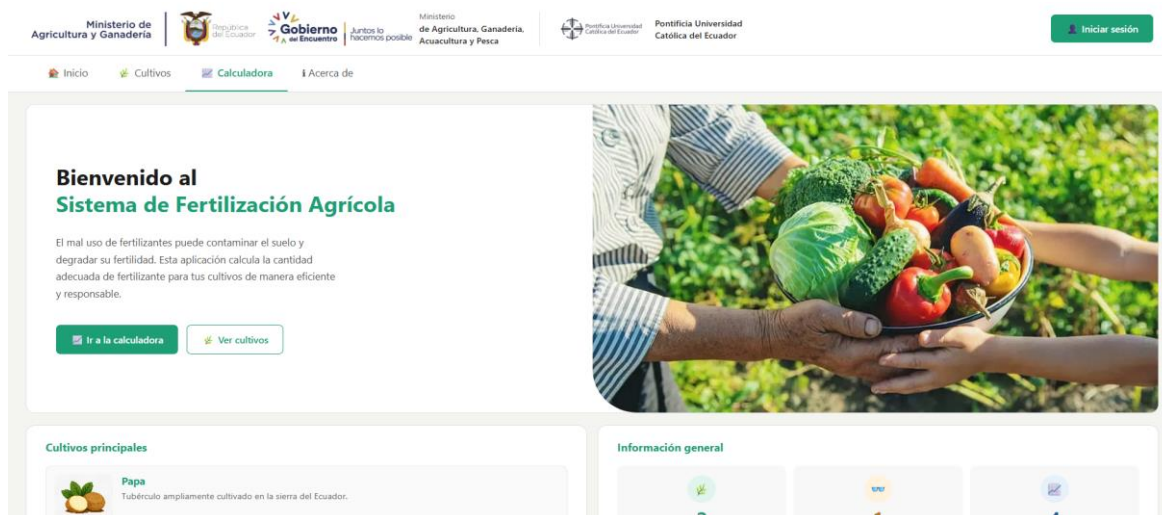
También puede arrastrar un archivo en cualquier página.

Conjunto de caracteres del archivo:



Anexo 4. Manual de uso

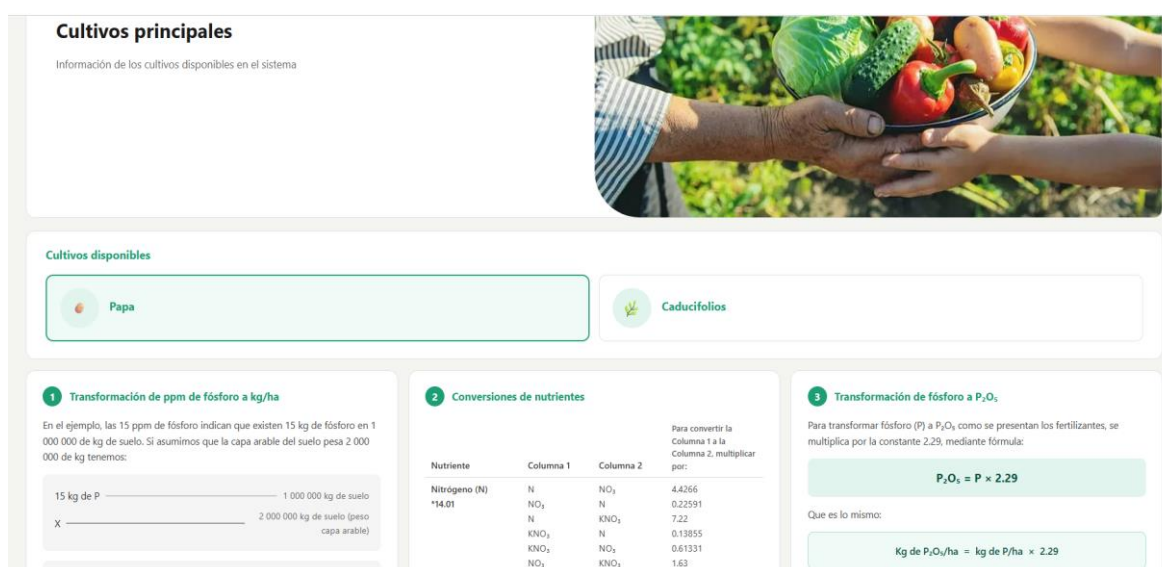
1. Ingresar a la aplicación se encuentra la página de inicio, en la pantalla de inicio se encuentra una descripción sobre el motivo del desarrollo de la plataforma.



2. En la parte del medio de la página se encuentra una barra de navegación con el botón de Inicio/Cultivos/Calculadora.



3. En la pestaña de cultivos se encuentra se encuentra información sobre los cálculos de fertilizantes y otra información sobre los cultivos.



4. En la pestaña de la calculadora se debe seleccionar el tipo de cultivo que deseas realizar el cálculo e ingresar los valores de pH, densidad, profundidad del suelo, nitrógeno, potasio y fósforo.

The screenshot shows the 'Calculadora de Fertilización Agrícola' web application. The header includes logos for the Ministry of Agriculture and Livestock, the Government of Ecuador, and the Pontificia Universidad Católica del Ecuador. A navigation bar contains links for 'Inicio', 'Cultivos', 'Calculadora' (active), and 'Acerca de'. A 'Iniciar sesión' button is in the top right.

The main content area is divided into four sections:

- 1. Seleccione el cultivo:** Two radio buttons are present. 'Papa' (Potato) is selected, and 'Caducifolios' (Deciduous) is unselected.
- 2. Propiedades del suelo:** Input fields for 'Profundidad del suelo (cm)', 'Densidad del suelo (g/cm³)', 'pH del suelo', and 'Nitrógeno del suelo (ppm)'. All fields currently contain the value '0'.
- 3. Nutrientes del suelo (ppm):** Input fields for 'Nitrógeno (N)', 'Fósforo (P)', and 'Potasio (K)'. All fields currently contain the value '0'.
- 4. Fertilizante a utilizar (kg/ha):** Input fields for 'N (kg/ha)', 'P (kg/ha)', and 'K (kg/ha)'. All fields currently contain the value '0'.

A 'Calcular' button is located at the bottom of the form. On the left side of the main area, there is a sidebar with the title 'Calculadora de Fertilización Agrícola' and a description: 'Ingrese los datos del suelo y cultivo para obtener la recomendación de fertilización.' Below this, there is a small icon and the text 'Cultivo de papa'.

5. Ya ingresado los datos se muestra un mensaje de confirmación de datos, ya revisado que los datos ingresados sean correctos presionamos el botón de OK y aparecen los resultados de la cantidad de fertilizante que se debe usar.

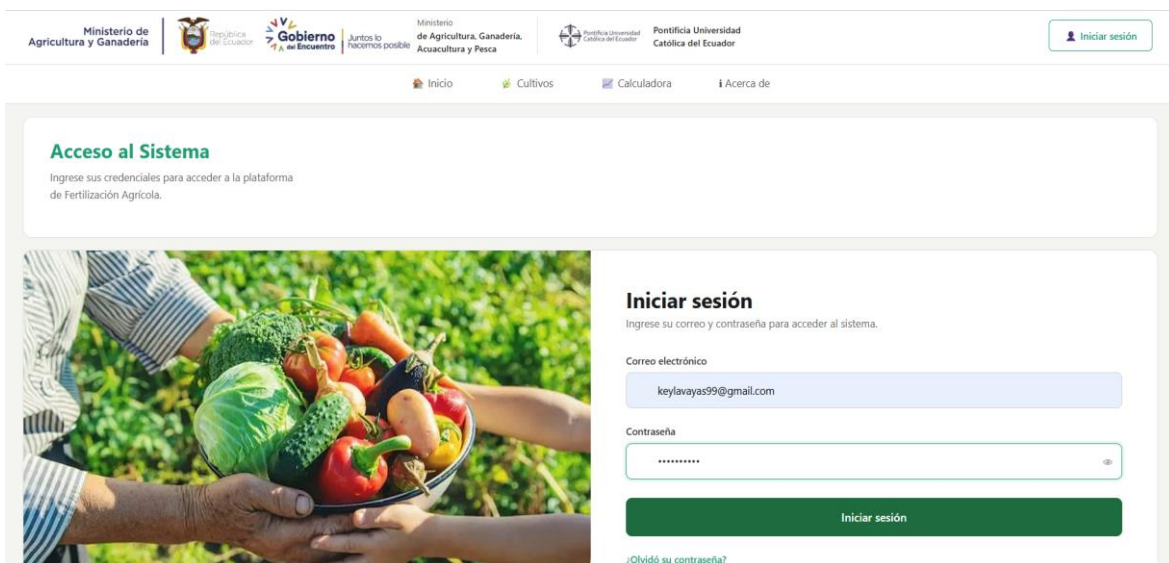
The screenshot shows the 'Resultados de la recomendación' (Recommendation Results) page. The header is the same as the previous screenshot. The main content area displays the results for the selected crop (Papa).

The results are organized into three sections, each with a green circular icon:

- Agostamiento:**
 - qq de N: 3,81
 - qq de P: 0
 - qq de K: 0
- Brotación:**
 - qq de N: 2,2
 - qq de P: 3,84
 - qq de K: 0,73
- Formación de Frutas:**
 - qq de N: 3,81
 - qq de P: 0
 - qq de K: 1,10

The footer of the page contains the text 'Sistema de Fertilización Agrícola' and 'Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca — PUCE' on the left, and '© 2026 Todos los derechos reservados.' on the right.

6. Para la parte administrativa el usuario administrador debe iniciar sesión.



Acceso al Sistema

Ingrese sus credenciales para acceder a la plataforma de Fertilización Agrícola.

Iniciar sesión

Ingrese su correo y contraseña para acceder al sistema.

Correo electrónico

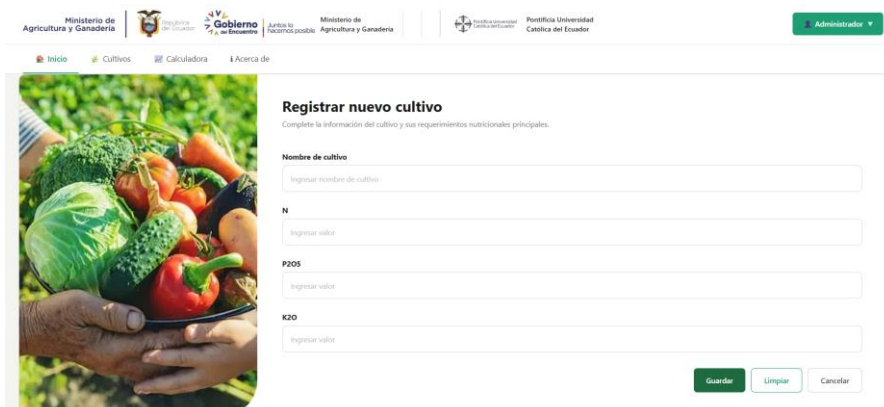
keylavayas9@gmail.com

Contraseña

Iniciar sesión

[¿Olvidó su contraseña?](#)

7. La pestaña de retroalimentación para registrar un nuevo tipo de cultivo con sus valores de recomendación.



Registrar nuevo cultivo

Complete la información del cultivo y sus requerimientos nutricionales principales.

Nombre de cultivo

Ingresar nombre de cultivo

N

Ingresar valor

P205

Ingresar valor

K20

Ingresar valor

Guardar **Limpiar** **Cancelar**