UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAAGUAZÚ

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN INFORMÁTICA

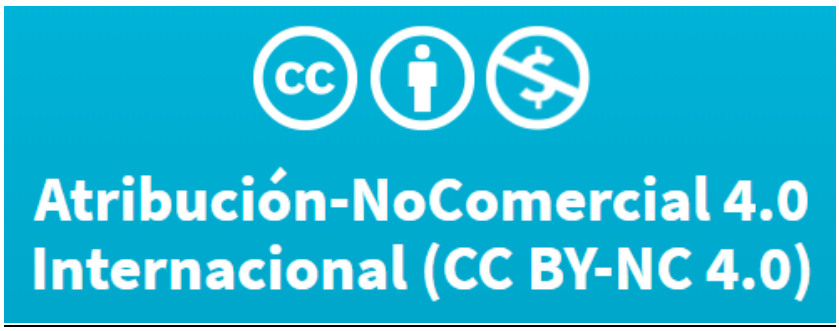
PROYECTO FINAL DE GRADO

APLICACIÓN WEB GEORREFERENCIADA PARA EL ACCESO A LA INFORMACIÓN DE SUELOS DEL DEPARTAMENTO DE CAAGUAZÚ.

FANY LORENA ACUÑA PANIAGUA

TUTOR: PROF.MG. JUAN VICENTE BOGADO MACHUCA

CORONEL OVIEDO, 26 de abril de 2024



Usted es libre de:

- **Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato**
- **Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material**

Bajo los siguientes términos:

- **Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.**
- **NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales.**

DERECHO DE AUTOR

Quien/es suscribe/n, Fany Lorena Acuña Paniagua, autor/a/autores del trabajo de investigación titulado "Aplicación web georreferenciada para el acceso a la información de suelos del departamento de Caaguazú.", declara/n que voluntariamente cede/n a título gratuito en forma pura y simple ilimitada e irrevocablemente a favor de la Facultad de Ciencias y Tecnologías – UNCA, el derecho de autor de contenido patrimonial, que le corresponde sobre el trabajo de referencia. Conforme a lo anteriormente expresado, esta sesión le otorga a la FCyT la Facultad de comunicar la obra divulgarla, publicarla y reproducirla en soportes analógicos o digitales en la oportunidad que así lo estime conveniente. La FCyT deberá indicar qué autoría o creación del trabajo corresponde a mi persona y hará referencia al autor y a las personas que hayan colaborado en la realización del presente trabajo de investigación.

En la ciudad de Coronel Oviedo a los …. , del mes de …… del 2024

…….

Firma/s

PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo de fin de grado para la obtención del Título de Ingeniero Electricista, aprobado en representación de la Facultad Ciencias y Tecnología de la Universidad Nacional de Caaguazú, por el Tribunal Examinador constituido por los siguientes profesores y con la siguiente nota final:

CALIFICACIÓN FINAL: _____

ACTA N°:_____

FECHA :_____

Prof. Ing.

Prof. Ing.

Prof. Ing.

DEDICATORIA

A mis amados padres, cuyo amor, sacrificio, y apoyo incondicional fueron el motor principal para alcanzar esta meta tan altamente anhelada, fueron, son y serán la fuente más grande de motivación para seguir luchando a pesar de las adversidades, a mis hermanos por ser mi refugio en los momentos en los que más necesite,

A mi tutor por la paciencia, comprensión y apoyo incondicional en toda la elaboración del trabajo.

A los profesores y funcionarios de toda la Universidad, quienes con su guía permitieron que este momento sea posible.

Fany Lorena Acuña Paniagua

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios, quien en todo momento sostuvo mi mano y guío por el camino que debía seguir, por ser la Torre Fuerte y el Muelle Seguro en el que podía apoyarme, quien me dio paz en momentos de dificultad y renovó mis fuerzas cuando ya no tenía.

A mi familia, quienes con amor y comprensión me ayudaron a llegar a estas instancias, acompañándome siempre, y pasando por cada prueba y dificultad conmigo, todo es por y para ellos.

A mi Tutor el Prof. Mg. Juan Vicente Bogado Machuca, gracias por guiarme y compartir conmigo sus conocimientos, resolviendo cada duda y ayudando con su experiencia a sacar el máximo provecho de cada dificultad.

A mis amados compañeros y amigos para toda la vida, por hacer que este proceso sea una de las mejores experiencias de mi vida, por cada risa y momento compartido, por estar siempre presentes, su cariño y apoyo constante fue un combustible para llegar a esta meta que compartimos.

Y por último pero no menos importante a cada profesor y funcionario de la Institución, a los que están y a los que partieron, gracias por cada enseñanza y cada experiencia compartida.

RESUMEN

Este trabajo aborda el desarrollo de una aplicación web georreferenciada para el departamento de Caaguazú, que permite el acceso a la información de los órdenes de suelos así como también sus propiedades. El objetivo principal es proporcionar a los agricultores y usuarios interesados una herramienta única que brinde datos precisos y relevantes sobre las características de los suelos en la región.

Se enfatiza la importancia de tener acceso a esta información que no existe dentro de ninguna otra plataforma, este proyecto inicia con la digitalización de un mapa taxonómico de suelos, el cual se obtuvo a partir de una investigación previa realizada en la zona.

El proyecto investiga el enfoque y la metodología utilizada para el desarrollo de la aplicación, así como también las herramientas necesarios para crearla, quedando a través de este demostrado que los principales beneficiarios serán los investigadores del área, y los agricultores.

PALABRAS CLAVES: Aplicación web, Taxonomía, Órdenes, Capas, Mapa, Cultivos

ABSTRACT

This work addresses the development of a georeferenced web application for the department of Caaguazú, which allows access to information on soil orders as well as their properties. The main objective is to provide interested farmers and users with a unique tool that provides accurate and relevant data on soil characteristics in the region.

The importance of having access to this information that does not exist within any other platform is emphasized. This project begins with the digitization of a soil taxonomic map, which was obtained from previous research carried out in the area.

The project investigates the approach and methodology used to develop the application, as well as the tools necessary to create it, demonstrating that the main beneficiaries will be researchers in the area and farmers.

KEYWORDS: Web application, Taxonomy, Orders, Layers, Map, Crops

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN....1

OBJETIVOS (GENERALES Y ESPECÍFICOS)....4

1. **Objetivo General**....4
2. **Objetivos Específicos**....4

MARCO TEÓRICO....5

1. **Mapa taxonómico de suelos.**....5
2. **Herramientas y enfoques de diseño, modelado y diagramación necesarios para crear los componentes esenciales del sistema.**....8
3. **Modelo del sistema informático georreferenciado para el acceso a la información de suelos del departamento de Caaguazú.**....11
4. **Funcionalidad del sistema georreferenciado para el acceso a la información de suelos del departamento de Caaguazú.**....12

METODOLOGÍA....13

- **Dependencias del Frontend**....14
- **Dependencias del Backend**....15
- **Herramientas de Visualización de Mapas**....17

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS....18

CONCLUSIONES....26

RECOMENDACIONES....27

BIBLIOGRAFÍA....28

ANEXO....31

- **Diagrama de flujo de datos de-Proceso de solicitud**....31
- **Diagrama Entidad Relación (D.E.R.)**....32
- **Encuesta realizada a alumnos de la catedra Fertilidad de Suelos de la Facultad de Ciencias de la Producción de la Universidad Nacional del Caaguazú.**....33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Geo Portal de Suelos de Costa Rica *1*
Figura 2 Mapa histórico tradicional del Paraguay *7*
Figura 3 Interfaz Gráfica QGis *10*
Figura 4 Diagrama Metodológico *13*
Figura 5 Mapa Taxonómico de Suelos del Departamento de Caaguazú, dividido por Órdenes de Suelos. *18*
¡Figura 6 Vista de Roles de Usuarios del Sistema *19*
Figura 7 Vista de Menú Suelos, donde se visualiza las divisiones de Órdenes de Suelos *20*
Figura 8 Vista de Menú Cultivos, donde se muestra una Recomendación de Cultivos por órdenes *20*
Figura 9 Gráfico de Facilidad de Uso de la Herramienta *22*
Figura 10 Gráfico de Visualización clara y comprensible del mapa *22*
Figura 11 Gráfico de satisfacción con el diseño de colores *23*
Figura 12 Gráfico de importancia del acceso a la información de suelos *23*
Figura 13 Gráfico de Posibilidad de Recomendación de la App *24*
Figura 14 Gráfico de nivel de exactitud de los cálculos *24*
Figura 15 Utilidad de la descarga de capas *25*
Figura 16 Diagrama de Flujo de Datos- Proceso Solicitud de Datos *31*
Figura 17 Diagrama Entidad Relación *32*
Figura 18 Encuesta- Información Inicial *33*
Figura 19 Encuesta- Datos Personales *34*
Figura 20 Encuesta Sección Usabilidad *34*
Figura 21 Encuesta Sección Usabilidad 2 ..... *35*
Figura 22 Encuesta Sección Relevancia *35*
Figura 23 Encuesta Sección Relevancia 2 ..... *36*
Figura 24 Encuesta Sección Rendimiento *36*
Figura 25 Encuesta Sección Rendimiento 2 ..... *36*
Figura 26 Encuesta Sección Rendimiento 3 ..... *36*

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación Jerárquica de Taxonomía de Suelos, y ejemplos de cada uno 5

INTRODUCCIÓN

La investigación agrícola ha reconocido la importancia del diagnóstico de la fertilidad del suelo durante décadas. Investigaciones previas, como el estudio de "Diagnóstico de la fertilidad química de suelos (Rhodic Paleudult) en sistemas agrarios y forestal de la región Oriental de Paraguay" [1] , que busca evaluar las diferencias en propiedades químicas del suelo entre estos sistemas, con un enfoque en el pH, la materia orgánica, la disponibilidad de nutrientes y otros parámetros relevantes, con el propósito de comprender mejor los efectos inmediatos de la siembra directa en la sostenibilidad del suelo agrícola en esta región.

La falta de acceso a información precisa sobre las características del suelo sigue siendo una problemática importante en la agricultura actual. Esta problemática ha generado la necesidad de desarrollar una herramienta que permita a los agricultores acceder a datos precisos y relevantes sobre sus suelos, para así mejorar la toma de decisiones agrícolas.

Cabe destacar a portales, Geoportal de Suelos de Costa Rica [2], como se ve la Figura 1 Geoportal de Suelos de Costa Rica, en que se encargan de realizar un proceso de gestión y aseguramiento de la calidad de una base de datos homogénea, y la presentación geoespacial de estos datos, es el primer software en su esencia en ese país, y lo que busca es dotar de accesibilidad sin costo a datos del suelo.

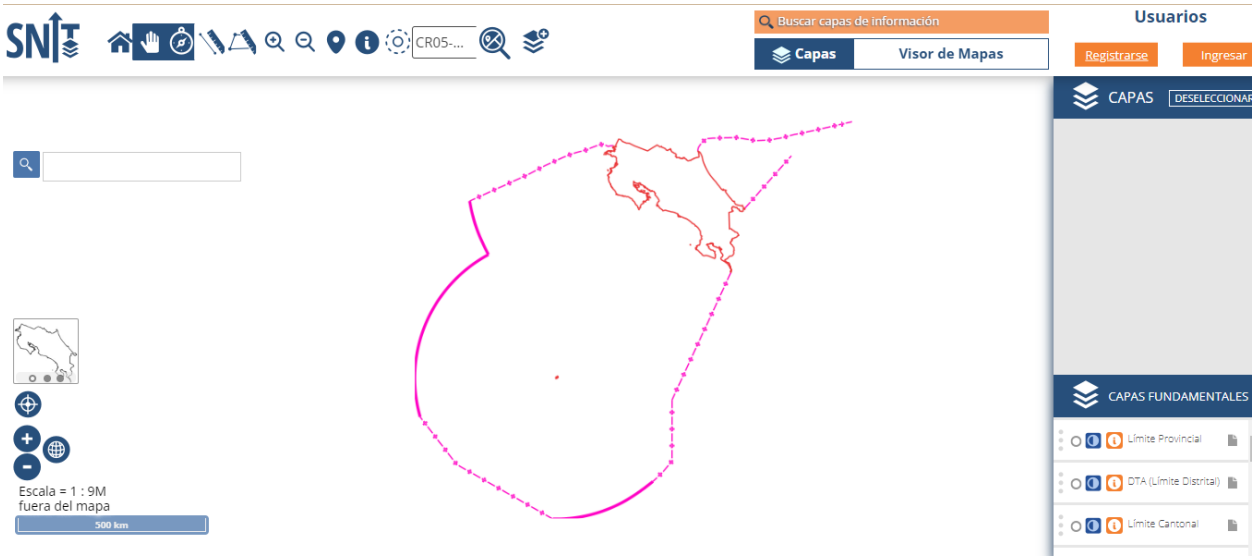


Figura 1 Geo Portal de Suelos de Costa Rica

En la actualidad el acceso a datos precisos es esencial para la toma de decisiones, incluyendo la agricultura. La calidad y disponibilidad de información desempeñan un papel fundamental en el éxito de la actividad agrícola, por lo que una decisión incorrecta podría dañar

todo un arduo proceso de trabajo. Por lo mismo se busca una solución para la implementación de un aplicativo innovador y único que aborda la necesidad de proporcionar información detallada y accesible sobre suelos.

La falta de acceso a información sobre las características de los suelos en una región agrícola puede generar una toma de decisiones ineficiente en la selección de cultivos. Esta problemática se traduce en rendimientos no óptimos y pérdidas económicas para los agricultores. La necesidad que existe de abordar esta problemática se ha convertido en algo necesario.

Para el Departamento de Caaguazú en específico no existe un mapa taxonómico de suelos que permita visualizar los órdenes ni propiedades de suelos, es imposible acceder a esa información digitalmente, los únicos datos que existen son en formato .PDF, y no son de dominio público.

Se busca con este proyecto desarrollar en primer lugar un dataset de información de tipos de suelos, además de una herramienta única y pionera en su área que sea el encargado de disponibilizar la información contenida en el mapa de características del suelo previamente creado, ayudando a mejorar la toma de decisiones, tener un impacto económico positivo, ya que se minimiza pérdidas al tener una base de lo que esa porción de suelo puede lograr.

El desarrollo de esta herramienta es fundamental para satisfacer la necesidad de información en la región de estudio. Su valor radica en la singularidad del mapa de taxonomía suelos, ya que no existe en formato digital, los datos que se tienen sobre la taxonomía de suelos, son datos recabados de la imagen de un archivo en formato PDF de un mapa taxonómico de suelos del departamento de Caaguazú, que fue producto de un proyecto de la Conacyt, trabajo arduo de una investigación realizada en el año 2017, [1]y en su potencial para transformar la agricultura al permitir la seguridad del cultivo basadas en datos precisos. Este proyecto se justifica en función de las necesidades agrícolas actuales y su capacidad para proporcionar soluciones efectivas y novedosas.

Se ejecutará la digitalización desde cero del mapa taxonómico de suelos de la región del Departamento de Caaguazú, y luego se procederá a realizar la divulgación del mismo a través de la aplicación.

La automatización comienza desde el proceso de verificación de los datos del mapa, con la ayuda de un asesor externo, enfocado en una investigación anteriormente realizada y corroborada, luego se realiza la creación del datasets y los diseños del mapa taxonómico de suelos desde cero, seguido a la exportación a través de complementos de la herramienta Qgis. Se realiza el desarrollo del sistema y la implementación y configuración del mapa.

En resumen, este proyecto busca abordar una problemática significativa en la agricultura mediante el desarrollo de una herramienta que proporcione información precisa y accesible sobre las características de los suelos. Este proyecto representa un avance significativo en el uso de tecnologías y datos para impulsar la productividad y la eficiencia en el sector agrícola, además que actualmente se encuentra funcional y accesible.

OBJETIVOS (GENERALES Y ESPECÍFICOS)

1. Objetivo General

- Desarrollar una aplicación web georreferenciada para el acceso a la información de tipo de suelos del departamento de Caaguazú.

2. Objetivos Específicos

- Digitalizar un mapa taxonómico de tipo de suelos para el departamento de Caaguazú.
- Desarrollar el modelo de la aplicación web georreferenciada para el acceso a la información de suelos del departamento de Caaguazú.
- Demostrar la funcionalidad de la aplicación web georreferenciada para el acceso a la información de suelos del departamento de Caaguazú.

MARCO TEÓRICO

1. Mapa taxonómico de suelos.

El suelo es un recurso natural no renovable, que va evolucionando por factores de formación, lo que origina diferentes tipos de suelos, para esto es necesario identificarlos, una forma de clasificación es la Taxonomía [3], constituye uno de los dos sistema de clasificación internacionales de suelos más usados a nivel mundial, comprende la clasificación mediante categorías como lo observamos en **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** donde se ve el orden, suborden, grupo, subgrupo, familia y serie, entre ellos podemos resaltar el orden, es la categoría más alta del proceso jerárquico de taxonomía [4] .

Los órdenes son la categoría más alta de la clasificación taxonómica y que agrupa suelos con características similares en términos de composición, textura y estructura, los subórdenes, son los segundos en la línea subdivide cada uno de estos como propiedades químicas o condiciones de formación del suelo, el Gran Grupo, agrupa conjuntos de suelos que comparten características más específicas, pero aún muestran variaciones dentro de un suborden determinado, el subgrupo a su vez muestra valores más específicos pero que a su vez también tienen diferencias para ser reagrupadas nuevamente, serie es el nivel más específico en la taxonomía de suelos y representa suelos que comparten características muy particulares y están asociados con un lugar geográfico o área de formación específica

Tabla 1 Clasificación Jerárquica de Taxonomía de Suelos, y ejemplos de cada uno

Clasificación Jerárquica	Ejemplos
Orden	Alfisol, Ultisol, Entisol, Inceptisol, Oxisol,etc
Suborden	Xerept, Aqualf, Cryalf, Xeralf, Udepts, Orthents, Aquults, Fluvents
Gran Grupo	Hapludalfs, Psamments, Quartzipsamments, Dystrudepts, Haplustox etc
Subgrupo	Typic Hapludalfs,AquicPsamments, Quartzipsamments, Lithic Haplustepts, Acrudox etc
Familia	Francas, mixtas, térmica, Arcillo-limosas, Cuarzosa, mésicas, etc
Serie	Honoxeye, Hernando, Highsplint, etc

Entre los órdenes se encuentran el entisol, son suelos minerales que tienen una textura gruesa a fina, son los más jóvenes de esta clasificación, inceptisoles ton formados por materiales líticos de naturaleza volcánica y sedimentaria son superficiales a moderadamente profundos, cuenta con matices rojizos a pardo amarillento rojizo, son suelos jóvenes, tienen agua disponible para las plantas por más de medio año o por más de tres meses consecutivos durante la estación seca, alfisol tienen una saturación de base mayor de 35° y los horizontes superficiales muestran evidencias claras de translocación de películas de arcilla, con marcados procesos de translocación de minerales arcillosos (iluviación de arcilla), sin pérdida de bases (sodio, potasio, calcio o magnesio), ultisol reconocidos tienen un horizonte argílico de poco espesor y un bajo porcentaje de saturación de base generalmente inferior a 25% dentro de la sección de control del perfil edáfico, suelos subtropicales y tropicales muy evolucionados y pobres en bases, con iluviación de arcillas, oxisol cuentan con alta porosidad, muy friables, generalmente arcillosos, límites de horizonte difusos, muy desgasificados y saturación básica muy baja, son característicos de regiones tropicales y subtropicales muy lluviosas. [3]

Los mapas tradicionales de suelos en papeles contienen una riqueza de datos acumulados a lo largo de décadas de trabajo de campo realizado por expertos en suelo anteriores, existen muchísimos datos que aún no han podido ser digitalizados, como ejemplo se tiene la Figura 2, en donde se visualiza un Mapa histórico del Paraguay del año 1647, anterior a la Guerra de la Triple Alianza, como se ve es una distribución diferente a la que se conoce hoy en día, es uno de los primeros mapas que se conocen de nuestro país y uno de los patrimonios cartográficos que tenemos. Representan recursos extremadamente valiosos que pueden emplearse para fines predictivos debido a las relaciones que existen entre diferentes propiedades del suelo [5].La recopilación de información de registros análogos de mapas, es indispensable, esto permitirá realizar estrategias que permitan mejorar varios aspectos de la vida de los agricultores y ciudadanos, ya que la información permite minimizar el margen de error. [6]

Figura 2 Mapa histórico tradicional del Paraguay

El procedimiento para crear un mapa digital de suelos puede diferir de un país a otro, en gran medida debido a las diferencias en términos de recursos financieros y tecnológicos disponibles, así como a la disponibilidad de expertos en esta disciplina. Pero se puede definir en algunos pasos comunes, o tener un camino a seguir de acuerdo a investigaciones ya realizadas.

Algunos de los pasos son: en primer lugar, el diagnóstico, el cual contempla todas aquellas medidas en las cuales se evalúan las capacidades de un lugar, se recopila la información que se necesita para poderlo llevar a cabo.

En segundo lugar, la fase operativa, de este lado tenemos la inicial y la avanzada; la inicial que básicamente corresponde a las acciones que se deben llevar a cabo como recopilar la mayor cantidad de información posible, y diseñar la estructura y metadatos, la avanzada se basa en el proceso de revisar, introducir los datos de las unidades del mapa.

En tercer lugar, la validación, que son las acciones que se encargan de validar los datos, verificando con la realidad de los suelos. [6]

Todo esto es necesario para poder realizar la digitalización, la cual ha simplificado los procedimientos de acceso y utilización del material cartográfico en la educación, la investigación y la esfera pública. La publicación en línea de documentos gráficos y de archivo en el dominio público por parte de instituciones nacionales, departamentales y municipales, ha marcado el comienzo de una iniciativa para difundir documentos especializados que antes solo estaban disponibles para un grupo reducido de investigadores. Las divulgaciones de estos materiales son muy beneficiosas para la población en general. [5], la digitalización de estos mapas se realiza a partir de herramientas SIG (Sistemas de Información Geográfica), que ayudan a la visualización, análisis y almacenaje de datos referentes a mapas.

Es necesario reconocer que para todo esto se debe representar y realizar una clasificación de suelos, que es la que se encarga de ordenar los conocimientos, y tratar de organizarlos para que se puedan manipular de mejor manera, ya que el suelo sirve de soporte principalmente para la agricultura. [7]

Para todo esto se necesita conocer más acerca de la taxonomía de suelos, que es la clasificación de suelos jerárquica y se basa en ordenes, sub órdenes y grupos realizando una selección de criterios que permiten comprender y explicar las diferencias entre los suelos, especialmente en relación con las interacciones entre los factores y procesos formativos, así como la morfología resultante, ya sea actual o pasada. [8]

En general es la disciplina que se encarga de nombrar y organizar en categorías diversos elementos, seres u objetos, y el suelo ha sido uno de los medios biológicos que ha sido objeto de clasificación desde se empezó a trabajar con él, el objetivo de la taxonomía es clasificar el suelo en el ámbito agrícola., suelo se refiere al elemento natural que comprende componentes sólidos, líquidos y gaseosos que se encuentran en la superficie terrestre. Estos componentes ocupan un espacio y se caracterizan por uno o ambos de los siguientes aspectos: capas que se distinguen del material original debido a procesos que involucran adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía y materia; o la capacidad de mantener el crecimiento de plantas en un entorno natural. [9]

2. Herramientas y enfoques de diseño, modelado y diagramación necesarios para crear los componentes esenciales del sistema.

Para poder realizar la digitalización se requieren de herramientas que ayuden a facilitar este proceso, los SIG(Sistema de Información Geográfica), posibilita la superposición de múltiples capas, también incluyen opciones de análisis, entre ellos se puede destacar QGis que es un software libre y de código abierto, que tiene muchísimas funcionalidades, entre ellas herramientas de

visualización, análisis de datos geoespaciales, con enfoque web y de escritorio, que facilitan el trabajo, asegurando datos precisos y confiables, además de tener una interfaz amigable, como se observa en Figura 3 , en la que podemos dividir las secciones principales en 5.

1. Lista de capas: allí se encuentran las capas en las que ese está trabajando, al hacer click derecho sobre cada capa se puede acceder a las propiedades y opciones de manipulación de cada una.
2. Barra de búsqueda: es un panel de búsqueda se puede acceder a todos los elementos de Qgis, algoritmos, objetos espaciales, capas, herramientas, entre otros.
3. Barra de estado: muestra la información actual del mapa, tiene opciones para ajustar la ajustar la escala del mapa, ver actualmente las coordenadas a medida que se va moviendo el ratón.
4. Caja de herramientas de Procesos: allí se ve una lista de los algoritmos disponibles agrupados en diferentes bloques, modelos y scripts personalizados que puede agregar para ampliar el conjunto de herramientas. Por lo tanto, la caja de herramientas es el punto de acceso para ejecutarlos, ya sea como un proceso único o como un proceso por lotes que implica varias ejecuciones del mismo algoritmo en diferentes conjuntos de entradas.
5. Barra de herramientas: Cuenta con muchas pestañas con todas las funcionalidades de Qgis, ordenadas de acuerdo a los usos, como ediciones, complementos, vectoriales, raster, entre otros, en cada una de ellas hay opciones de ediciones convencionales o espaciales.

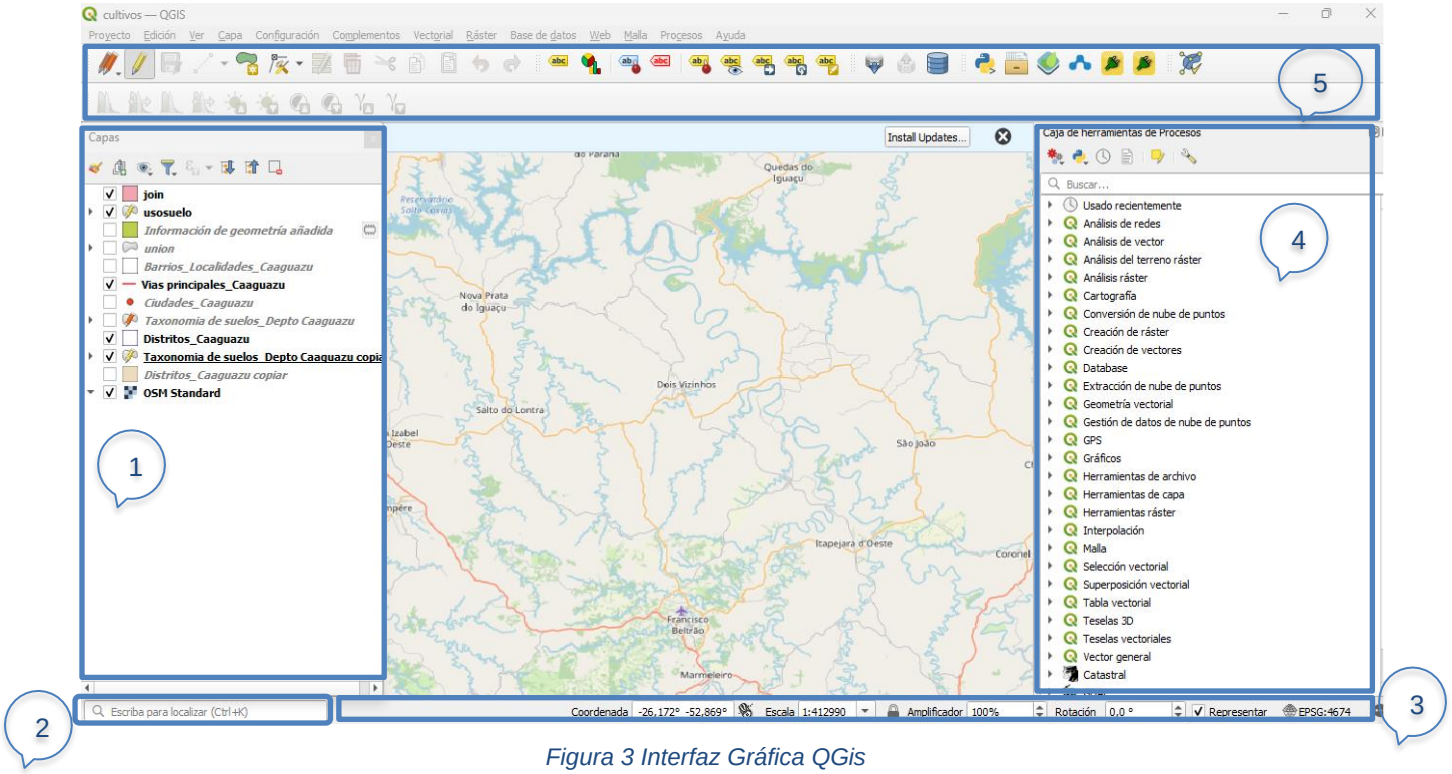


Figura 3 Interfaz Gráfica QGis

Es mediante el uso de este tipo de herramientas que se evidencia lo que está sucediendo con el uso, las caracterizaciones, las aptitudes y el estado actual del suelo, se puede reflejar las condiciones mediante un modelo que todos podamos entender, y que el usuario pueda utilizarlo de acuerdo a sus necesidades.

Además existen plugins que ayudan a generar visores de mapas web interactivos de manera rápida y sencilla, es capaz de adaptar el contenido de nuestro proyecto de QGIS y transformarlo para ser legible por navegadores, los mapas web generados pueden estar basados en librerías para webmapping Leaflet, OpenLayers o MapBox, la decisión depende de las preferencias del usuario. Estas herramientas facilitan el proceso de transformación de los datos del papel a un entorno más manipulable y en el cual se puede sacar un mayor beneficio a esos datos. [10]

3. Modelo del sistema informático georreferenciado para el acceso a la información de suelos del departamento de Caaguazú.

Un sistema informático georreferenciado, es un sistema de tipo espacial que puede procesar, evaluar, simular y presentar de manera visual o en forma de tablas datos relacionados con el espacio geográfico, permite almacenar datos de manera rápida y eficiente por medio de la topología.

Es un sistema que tiene un conjunto de subsistemas que sirven para la captura, el almacenamiento, el análisis, la visualización y graficación de diversos conjuntos de datos espaciales , podríamos englobar en funcionalidades básicas, adquisición de datos, almacenamiento, administración de datos geoespaciales, y capacidades analíticas. [7]. Utilizan base de datos espaciales que tienen capacidades para utilizar datos georreferenciados, la georreferenciación es el uso de coordenadas de mapa para asignar una ubicación espacial a entidades cartográficas. A través de herramientas SIG, se puede visualizar cada elemento de una capa del mapa posee una ubicación geográfica y un área definida que les permite ser ubicados en la superficie terrestre o en sus cercanías, además permite agregar simbologías que ayudan a tener una visión de lo que es en realidad y está proyectada a través del mapa. [11]

También permite analizar operaciones, como lo son la lectura, edición, almacenamiento, gestión de datos espaciales, ayuda a poder generar resultados de forma más entendible para el usuario final, como lo son mapas, informes, gráficos, etc. Entre los componentes básicos de un sistema geográfico están los datos, métodos, software, hardware y factor organizativo, o sea las personas, los datos son el núcleo de la información geográfica, pueden venir de fuentes como sensores, fotografías, GPS, archivos de investigaciones previas, entre otros, en cuanto a software existen muchas alternativas que nos ponen a disposición herramientas SIG, para interpretar y tratar la información geográfica, entre ellos están ARCGIS, QGIS, entre otros, el hardware debe ser apropiado para la utilización del software GIS, y en cuanto al equipo humano debe estar capacitado para las funciones a realizar, para tener la información precisa, unos ejemplos podrían ser los técnicos o analistas SIG, y el programador SIG. [12]

4. Funcionalidad del sistema georreferenciado para el acceso a la información de suelos del departamento de Caaguazú.

El mapeo digital de suelos detalla la información de datos espaciales sirven para identificar lugares y características sobre el lugar, los suelos, y la estructura de ellos, brinda información del comportamiento, las propiedades, con análisis se pueden llegar a conocer el ph, la materia orgánica, elementos mayores y menores del suelo. Brindan información directa y a mayor escala, que son las necesarias para productores, inversionistas o líderes para poder destacar las opciones más productivas, eficientes, conocer lugares críticos, y analizar riesgos a largo y corto plazo. Sirven para conocer lugares, para obtener información precisa para poder tomar decisiones y conocer el estado, el cual nos puede ayudar a conocer las condiciones de suelo, para mejorar los beneficios económicos, promover un buen uso y manejo de los recursos. Sin embargo ha existido una problemática relacionada al bajo conocimiento sobre las condiciones y características, pero cada vez aumenta más la divulgación a través de herramientas tecnológicas espaciales que cada día permiten desarrollar y producir información más precisa. [13]

La utilidad de un sistema se mide por los beneficios que estos dan a sus usuarios, dentro de estos beneficios se podría decir que facilita el acceso centralizado a datos e información de suelo, o sea que se podría obtener esta información de un solo lugar, proveyendo datos diversos que ayudarían a los agricultores a la hora de tomar decisiones, considerando que cultivos podrían funcionar en la zona, el estado actual del mismo, lo cual ayudaría a tomar medidas necesarias antes de que las consecuencias del mal uso pueden dañar cultivos actuales o futuros.

Una de las ventajas más importantes es que los datos puedan ser de libre acceso y disponibles en todo momento, y amigable, para que facilite la comprensión de patrones geográficos, sin necesidad de ser experto en el área.

Para que un Sistema de Información Geográfica tenga éxito debe centrarse en un análisis que tenga modelos y prácticas de operaciones únicas para cada organización. Entre las funciones principales se encuentran el análisis y la generación cartográfica, los análisis espaciales son estudios cuantitativos de fenómenos que están dentro de un espacio, son necesarios para determinar la posición, espacio, distancia entre puntos entre otros. [12]

METODOLOGÍA

En la Figura 4 se describen los procesos que se estarán realizando a través de un diagrama de flujo de datos, que detalla los procesos involucrados los cuáles en los siguientes párrafos, se describirán de forma más extensa

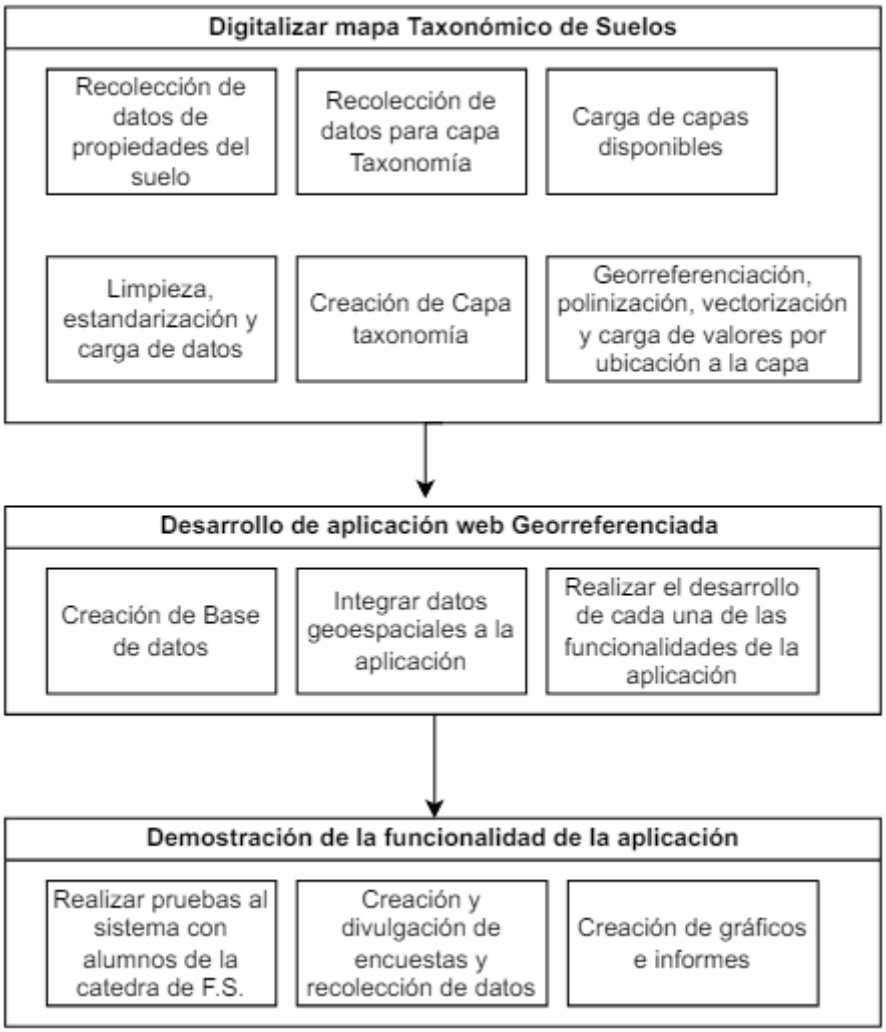


Figura 4 Diagrama Metodológico

Se revisaron fuentes de datos abiertos de instituciones del Estado como estudios y proyectos aprobados por la Conacyt, Dataset proporcionados por la MITIC, y revistas locales, se revisaron y limpiaron los datos para la utilización en la investigación.

Los datos de propiedades químicas y cultivos de la zona fueron cargados manualmente ya que se obtuvieron de proyectos que solo están disponibles en formato PDF, la estructura del mapa y sus divisiones taxonómicas fueron proveídas por el Ingeniero Carlos Javier Villalba en formato PDF, quien fue encargado de realizar un proyecto de dónde pudo obtener los datos que facilitó para esta investigación, cabe recalcar que este mapa es único, no tiene precedentes, fue creado

gracias a la investigación “Diagnóstico de la fertilidad química de suelos (Rhodic Paleudult) en sistemas agrarios y forestal de la región Oriental de Paraguay” [1] mediante el cual se usó como guía para la digitalización del mapa.

Una vez recopilado los datos se procedió a realizar la digitalización del mapa desde cero a través de un software SIG, se exportó el mapa con sus respectivas capas para poder ser utilizado en un entorno web, se diseñó la base de datos y se eligieron las herramientas para el desarrollo, Las herramientas que fueron utilizadas para el desarrollo se citan abajo

- ## Dependencias del Frontend

@popperjs/core: Esta biblioteca proporciona funcionalidades para manejar elementos emergentes (popovers) en las interfaces web. Se utiliza por frameworks de front-end como Bootstrap para gestionar la posición y el comportamiento de los popovers. [14]

axios: Axios es una biblioteca JavaScript que permite realizar solicitudes HTTP desde el navegador o desde Node.js. Es muy fácil de usar y ofrece características como promesas, transformaciones de datos y control de errores. [15]

bootstrap: Bootstrap es uno de los frameworks de diseño web más populares. Proporciona un conjunto de herramientas y estilos predefinidos que facilitan la creación de interfaces de usuario modernas y receptivas. [16]

laravel-mix: Laravel Mix es una herramienta de compilación que simplifica la configuración de Webpack para aplicaciones de Laravel. Permite compilar y procesar archivos CSS, JavaScript, imágenes y otros recursos de manera fácil y eficiente. [17]

lodash: Lodash es una biblioteca de utilidades de JavaScript que proporciona funciones útiles para manipular datos, como operaciones en arrays, objetos, cadenas y números. [18]

postcss: PostCSS es una herramienta de procesamiento de CSS que permite utilizar plugins para transformar estilos CSS. Se utiliza para automatizar tareas como la autoprefijación de estilos, la optimización de CSS y la generación de estilos compatibles con navegadores antiguos. [19]

resolve-url-loader: Este cargador de Webpack resuelve URLs relativas en archivos CSS importados. Es especialmente útil cuando se utilizan rutas relativas en archivos CSS que se importan en otros archivos. [20]

sass: Sass es un preprocesador CSS que añade características adicionales como variables, anidamiento, mixins, entre otros. Permite escribir estilos de una manera más eficiente y mantenible. [21]

sass-loader: Sass-loader es un cargador de Webpack que permite compilar archivos Sass en CSS. Transforma archivos .scss o .sass en código CSS que puede ser interpretado por el navegador. [21]

laravel-echo: Laravel Echo es una biblioteca cliente que facilita la comunicación en tiempo real entre el servidor y el cliente en aplicaciones Laravel. [23]

pusher-js: Pusher.js es una biblioteca cliente para trabajar con Pusher, un servicio que facilita la integración de la funcionalidad de tiempo real en aplicaciones web y móviles. [24]

socket.io: Socket.io es una biblioteca que permite establecer conexiones en tiempo real entre el servidor y el cliente mediante WebSockets. Facilita la creación de aplicaciones en tiempo real como chats, juegos en línea, etc. [25]

unfetch: Unfetch es una biblioteca ligera y moderna para realizar solicitudes HTTP en el navegador. Ofrece una API sencilla y compatible con Promises para realizar solicitudes AJAX de forma eficiente. [26]

- **Dependencias del Backend**

alexusmai/laravel-file-manager: Laravel File Manager es un paquete para la gestión de archivos en aplicaciones Laravel. Proporciona una interfaz fácil de usar para subir, descargar, renombrar y eliminar archivos en el servidor.

biscolab/laravel-recaptcha: Laravel reCAPTCHA es un paquete para integrar Google reCAPTCHA en aplicaciones Laravel. Permite proteger formularios web contra spam y abusos automatizados. [27]

dcblogdev/laravel-module-generator: Laravel Module Generator es una herramienta para generar módulos en aplicaciones Laravel. Facilita la organización del código en módulos independientes y reutilizables. [28]

doctrine/dbal: Doctrine DBAL es una biblioteca que proporciona una capa de abstracción de base de datos para PHP. Facilita la interacción con la base de datos mediante consultas SQL y ofrece soporte para múltiples plataformas de base de datos. [29]

guzzlehttp/guzzle: Guzzle es un cliente HTTP para PHP que facilita la realización de solicitudes HTTP a servidores remotos. Ofrece una API simple y potente para trabajar con APIs web y servicios RESTful. [30]

illuminate/redis: Illuminate Redis es una biblioteca para trabajar con Redis en aplicaciones Laravel. Proporciona una API sencilla para realizar operaciones CRUD en bases de datos Redis y gestionar colas de trabajo asíncronas. [31]

laravel/framework: Laravel Framework es el propio framework de PHP que proporciona todas las funcionalidades principales de Laravel, incluyendo el enrutamiento, la gestión de sesiones, la autenticación, etc. [32]

laravel/sanctum: Laravel Sanctum es un paquete para la autenticación de API mediante tokens. Facilita la creación de APIs seguras y protegidas utilizando tokens de acceso. [33]

laravel/tinker: Laravel Tinker es una herramienta para interactuar con la aplicación Laravel desde la línea de comandos. Permite probar y depurar código PHP interactivamente sin necesidad de recargar la aplicación. [34]

laravel/ui: Laravel UI es un paquete para generar vistas de autenticación y scaffolding en aplicaciones Laravel. Facilita la creación de interfaces de usuario para el registro, inicio de sesión, restablecimiento de contraseña, etc. [35]

nwidart/laravel-modules: Laravel Modules es una herramienta para trabajar con módulos en aplicaciones Laravel. Permite organizar el código en módulos independientes y reutilizables que pueden ser compartidos entre varias aplicaciones. [36]

predis/predis: Predis es un cliente PHP para Redis. Facilita la interacción con bases de datos Redis y ofrece una API simple y potente para realizar operaciones CRUD en conjuntos de datos y estructuras de datos complejas. [31]

Pusher/pusher-php-server: Pusher PHP Server es un cliente PHP para Pusher, un servicio que facilita la integración de la funcionalidad de tiempo real en aplicaciones web y móviles. Permite enviar y recibir mensajes en tiempo real utilizando WebSockets. [37]

realrashid/sweet-alert: Sweet Alert es un paquete para integrar alertas de SweetAlert en aplicaciones Laravel. Proporciona una forma fácil y elegante de mostrar alertas. [38]

- ## Herramientas de Visualización de Mapas

Leaflet: Leaflet es una biblioteca de JavaScript de código abierto para crear mapas interactivos en páginas web. Es ligera, rápida y fácil de usar, lo que la hace ideal para proyectos web que requieren integrar mapas interactivos. [39]

QGIS: Es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de escritorio de código abierto que permite visualizar, editar y analizar datos geoespaciales en formatos vectoriales y raster. Es una herramienta poderosa y versátil utilizada por profesionales y entusiastas de SIG en todo el mundo. [10]

QGIS2Web: Es un complemento para QGIS que permite exportar proyectos de QGIS a aplicaciones web interactivas y visualizaciones de mapas. Facilita la creación de aplicaciones web basadas en mapas utilizando tecnologías populares como Leaflet y OpenLayers. [40]

QConsolidate3: Es un complemento para QGIS que permite simplificar y consolidar la información geoespacial en proyectos de QGIS. Facilita la gestión y organización de múltiples capas de datos geoespaciales, permitiendo a los usuarios fusionar, combinar y simplificar la información para su análisis y visualización. [40]

POSTGIS: PostGIS es una extensión espacial para PostgreSQL, un sistema de gestión de bases de datos relacional de código abierto. PostGIS agrega soporte para objetos geoespaciales, permitiendo a los usuarios almacenar, consultar y analizar datos geográficos dentro de la base de datos PostgreSQL. [42]

Además para demostrar la funcionalidad de la aplicación se realizo una encuesta a un grupo de usuarios potenciales, en la que se tuvo por objetivo recopilar información de la valoración de los usuarios en las diferentes funcionalidades, se realizó a alumnos de una catedra denominada “Fertilidad de Suelos”, la cuál es impartida por el Ing. Carlos Javier Villalba en la Faculta de Ciencias de la Producción de la Universidad Nacional de Caaguazú., se eligió este grupo debido a que se trata de un tema muy específico que requiere conocimientos previos en el área.

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Una vez revisadas todas las fuentes de datos, y procedido al análisis se encontró que no existen datos taxonómicos de suelos en formatos manipulables, mediante la investigación [1], proveída por el responsable de ese Proyecto el Ing. Carlos Javier Villalba se obtuvo la imagen de un mapa Taxonómico del Suelo del Departamento de Caaguazú, el cual contiene información de los tipos de suelos que existen en esa zona, clasificándolas por órdenes como se ve en la Figura 5 Mapa Taxonómico de Suelos del Departamento de Caaguazú, dividido por Órdenes de Suelos, en 6 tipos como lo son ultisol, alfisol, entisol, oxisol, inceptisol y tierras misceláneas.

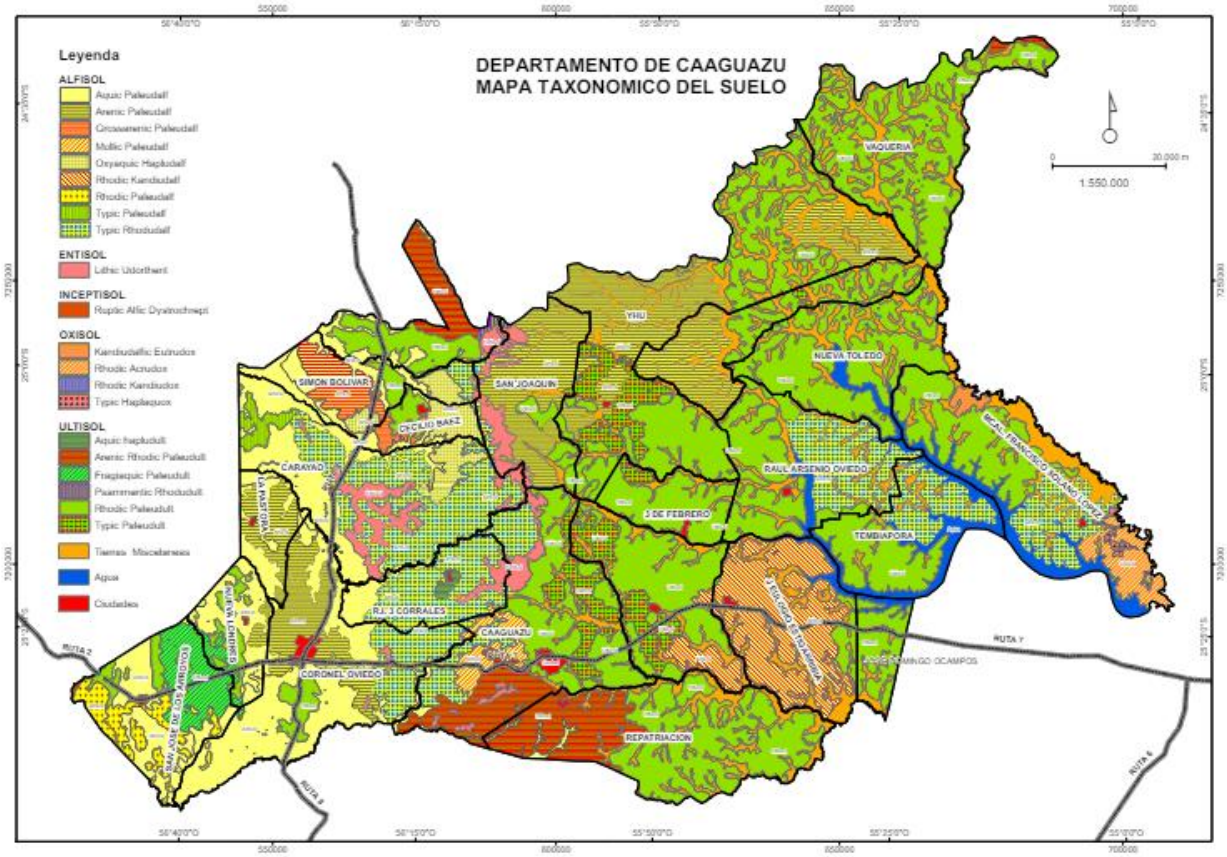


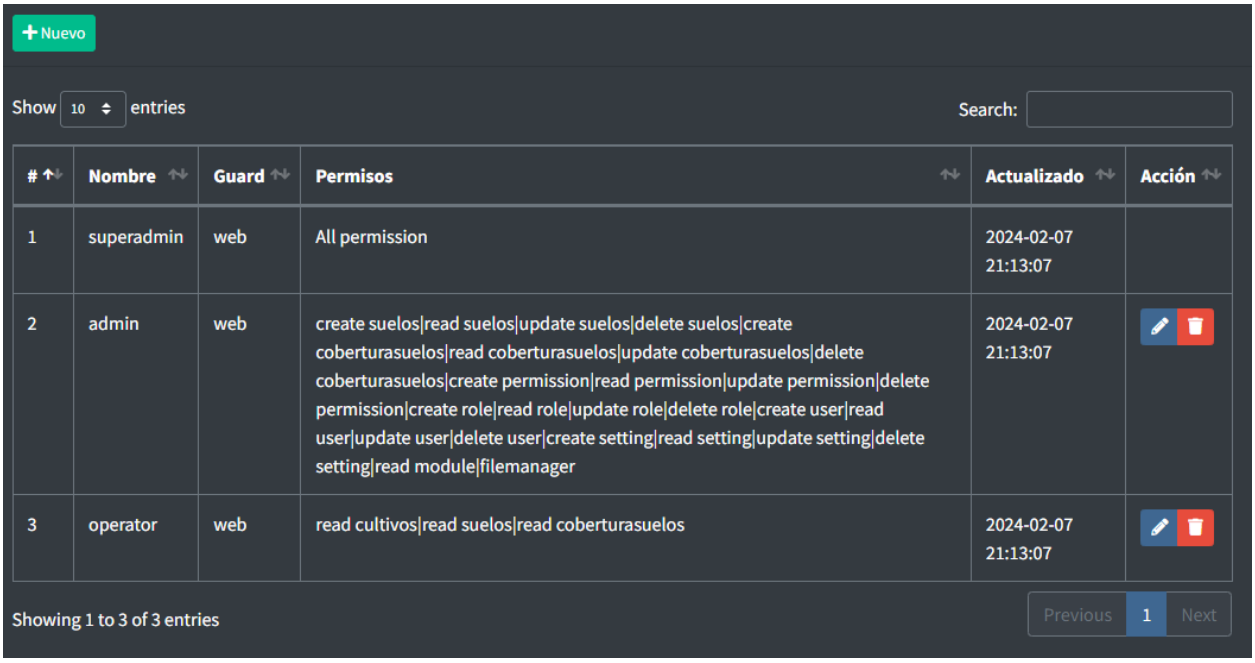
Figura 5 Mapa Taxonómico de Suelos del Departamento de Caaguazú, dividido por Órdenes de Suelos.

Se procedió a recopilar la información del departamento, como los son las capas de Distritos, Departamento, Ciudades y Vías Principales, estos datos se encuentran disponibles en la página principal del Instituto Nacional de Estadísticas [43], luego se realizó la digitalización de la capa de Taxonomía tomando como base geográfica la capa de Departamento, para así definir los límites del mismo, también se agregaron simbologías para los diferentes tipos de suelos, y sus respectivos datos de ubicación, descripciones detallada de cada orden, y los datos correspondientes

a las propiedades químicas del suelo por distritos fueron obtenidas de la investigación denominada, "Diagnóstico de la fertilidad de Suelos de la Región Oriental del Paraguay" [43] , se procedió a cargar manualmente a la capa de Distritos esos datos y luego realizar una unión entre las capas de distritos y órdenes de suelos para tener organizados por ubicación, lo siguiente fue exportar las capas a través de un pluggin de la herramienta para poder utilizarlos en el entorno web.

Resulto todo esto se procede al desarrollo de la aplicación la cual cuenta con las siguientes funcionalidades:

Perspectiva multiusuarios: La herramienta cuenta con varios perfiles, los cuales cuentan con diferentes roles y permisos, que autorizan o limitan al usuario sobre ciertas interacciones con el sistema como se ve en la ¡Figura 6, actualmente se tiene 3 roles de Superadministrador, administrador y operador, allí se asignan los permisos que tendrá cada rol de usuario.



¡*Figura 6 Vista de Roles de Usuarios del Sistema*

Visualización de datos de suelos: El mapa georreferenciado tiene como objetivo representar los tipos ordenes de suelos en el Departamento de Caaguazú, permite dividir por distritos para tener una amplia visualización, se puede observar propiedades químicas de cada distrito, proponer una recomendación de cultivos aptos para el tipo de Suelo en ese distrito, también recomienda una rotación de cultivos, clasificado por órdenes de suelos y distritos, en base a propiedades químicas del suelo como PH, Materia Orgánica, Porcentaje de Aluminio y Fósforo y datos actuales del clima, para así cuidar el suelo y obtener los mejores resultados para el cultivo.

Como se ve en la Figura 7 menú Suelos muestra un mapa taxonómico de Suelos en el cuál figuran varias capas entre ellas la de Taxonomía de Suelos de Caaguazú, que permite actualizar

los datos de órdenes, interacciones entre las capas, descargar las mismas entre otras funciones de visualización.

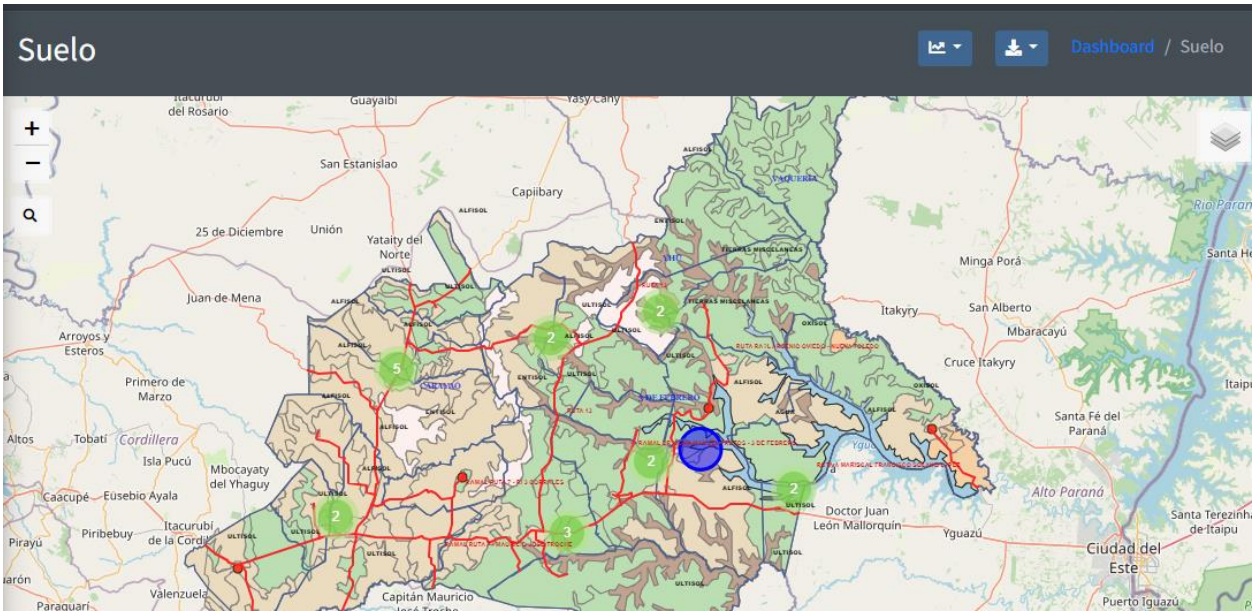


Figura 7 Vista de Menú Suelos, donde se visualiza las divisiones de Órdenes de Suelos

En la Figura 8, se observa al igual que el anterior un Mapa de Taxonomía de Suelos, en el cuál se pueden abrir modales y visualizar por Distritos el nivel de Riesgos y Fertilidad que tiene cada uno, calculados a partir de datos de propiedades químicas de cada distrito, también se puede seleccionar un orden de suelo correspondiente a un Distrito, el sistema permite realizar una Rotación de Cultivos, a través de datos ideales y actuales de propiedades del Suelo , grupos familiares de cada cultivo, y datos del clima.

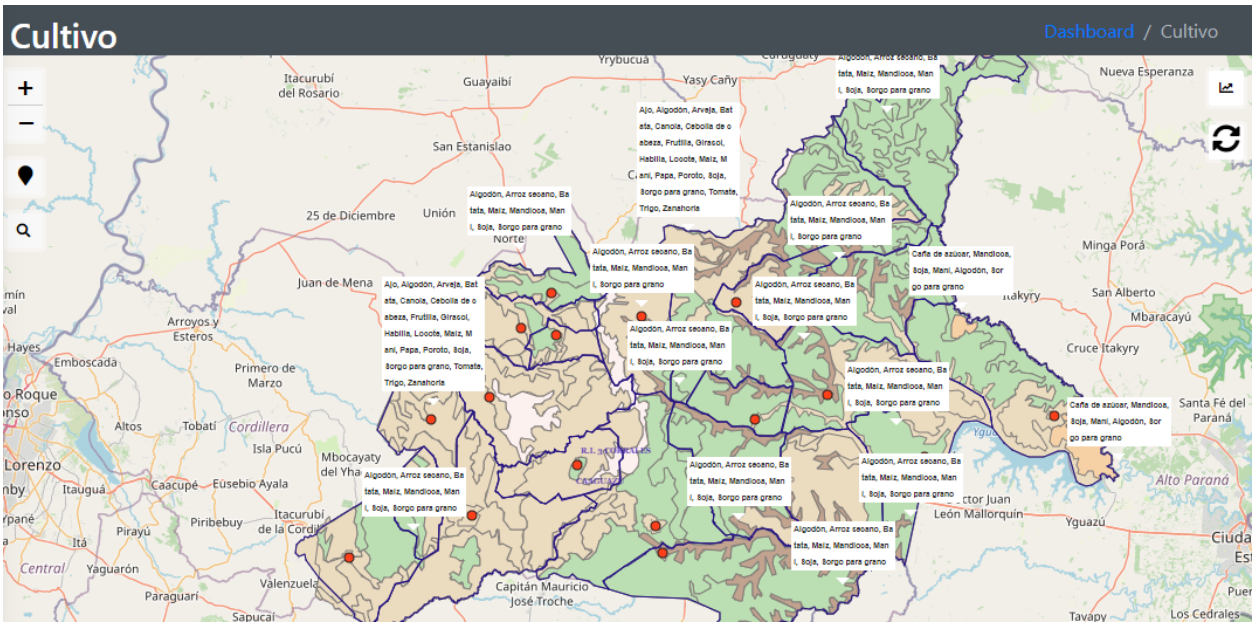


Figura 8 Vista de Menú Cultivos, donde se muestra una Recomendación de Cultivos por órdenes

Se obtuvo como resultado una alternativa desarrollada, que permite la visualización de este mapa y consultar y obtener beneficios de esta información, lo cual no era posible anteriormente ya que no existe para el departamento, actualmente la aplicación se encuentra funcional y disponible para todos los usuarios que deseen acceder a ella.

También se realizó una encuesta, fueron realizadas mediante el desarrollo de un formulario en Google Forms, por la facilidad de su uso y acceso, las preguntas fueron elaboradas por secciones, siendo la sección 1, la de Usabilidad, la sección 2, la de Relevancia y la sección 3 la de Rendimiento, las respuestas otorgadas han sido incluidas en este trabajo para su análisis correspondiente.

- **Sección 1: Usabilidad**

En esta sección se obtiene información sobre la conformidad de los usuarios con la facilidad de uso de la herramienta.

Figura 9 Gráfico de Facilidad de Uso de la Herramienta

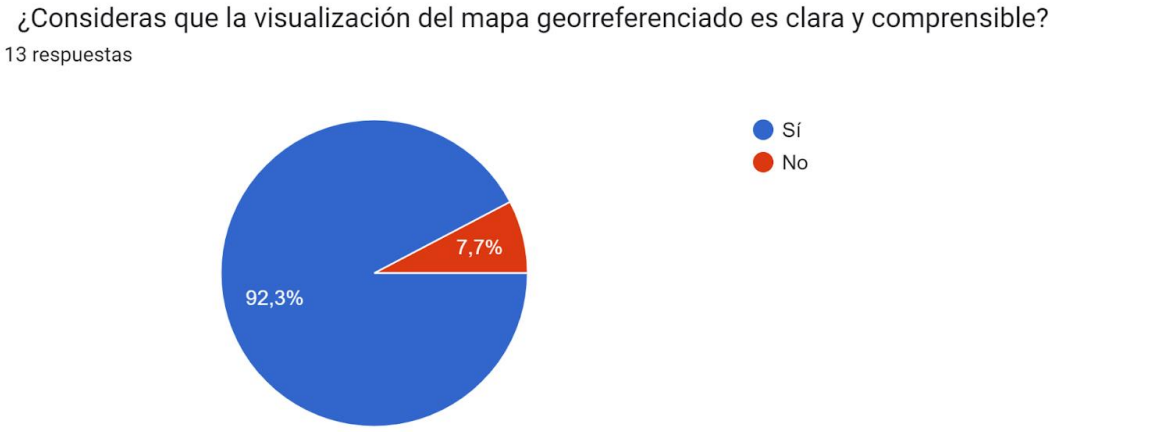


Figura 10 Gráfico de Visualización clara y comprensible del mapa

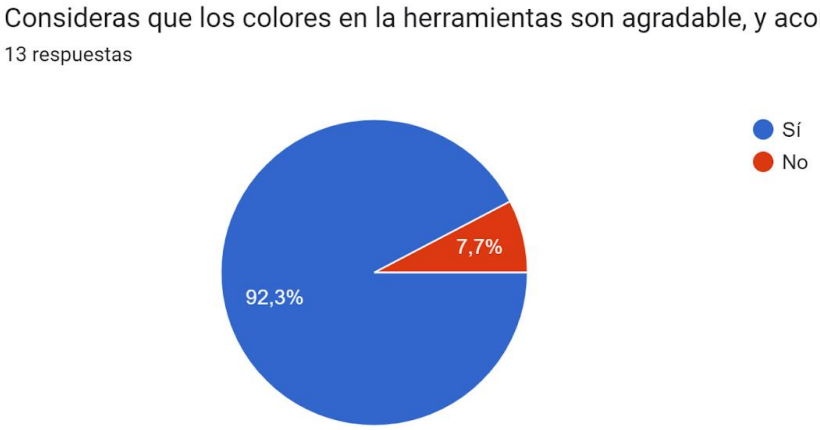


Figura 11 Gráfico de satisfacción con el diseño de colores

Como se ve en Figura 9 según la encuesta el 100% coincide en que considera fácil el uso de la Aplicación web georreferenciada, por otro lado en cuanto al nivel de claridad y comprensión de la visualización del mapa así como se observa en la Figura 10 el 92,3% considera que la visualización sí es clara y comprensible, mientras que el 7,7% opina que no lo es , la visualización del gráfico como se percata en Figura 11 en cuanto a si los colores en la herramienta son agradables y acordes, el 92,3% coinciden en que sí lo son y el 7,7% opina lo contrario. Esta información es esencial ya que deja en evidencia que les resulta en mayoría fácil el uso de la herramienta, y que la visualización es clara y comprensible.

- **Sección 2: Relevancia**

Aquí se obtienen detalles de la importancia de la información contenida dentro de la aplicación.

Figura 12 Gráfico de importancia del acceso a la información de suelos

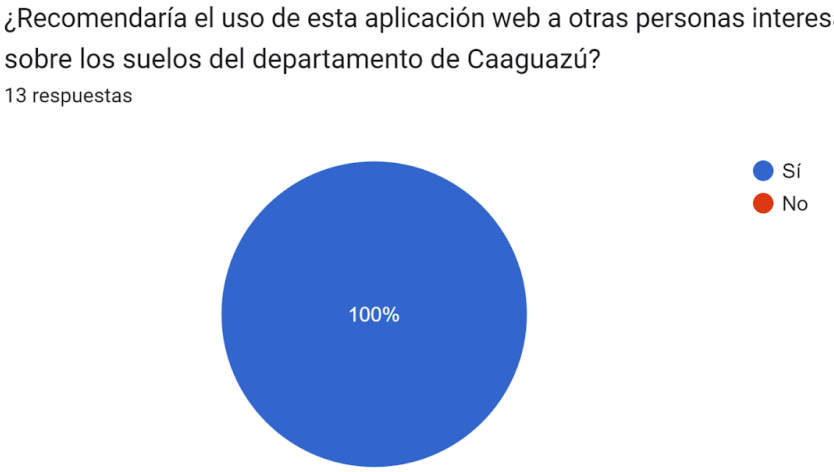


Figura 13 Gráfico de Posibilidad de Recomendación de la App

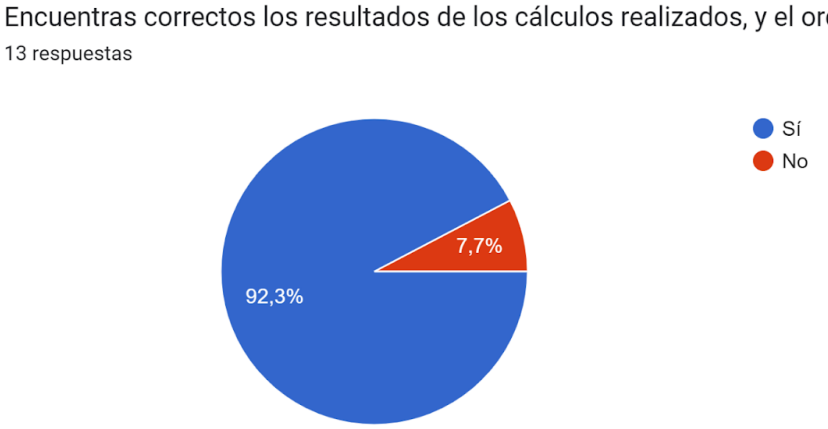


Figura 14 Gráfico de nivel de exactitud de los cálculos

En cuanto a la importancia de la información sobre suelos para la región vista en la Figura 12 el 84, 6% dijo que sí es importante mientras que el 15,4% alego que no lo es, por otro lado Figura 13 sobre la decisión de recomendar la aplicación a personas interesadas en obtener información sobre suelos el 100% dijo que si recomendaría, así como se ve en la Figura 14 con relación a los resultados de los cálculos realizados en la rotación de cultivos el 92,3% dijo que son correctos y el 7,7% dijo que no son correctos.

Los datos revelan una percepción mayoritaria de la importancia de la información sobre suelos para la región.

- **Sección 3: Rendimiento**

Aquí se obtienen detalles de la importancia de la información contenida dentro de la aplicación

Figura 15 Utilidad de la descarga de capas

Considerando la capacidad del sistema de brindar información de las capas para descargar como se observa en la Figura 15, el 84,6% dijo que si considera útil, mientras que el 15.4 dijo que no lo considera útil. La mayoría de las personas encuestadas encuentran que esta capacidad del sistema es beneficiosa.

CONCLUSIONES

El desarrollo de la aplicación ha logrado satisfacer la necesidad de proporcionar una herramienta única y pionera en la región que pueda disponibilizar datos de suelos. Mediante la digitalización del mapa taxonómico de suelos y la implementación de funcionalidades, se ha conseguido brindar a los usuarios acceso a datos precisos y relevantes que anteriormente no estaban disponibles en formato digital.

Considerando que la herramienta está diseñada para un público específico se ha demostrado una aceptación positiva por parte de los usuarios potenciales, quienes han valorado la facilidad de uso, la claridad de la visualización y la importancia de la información brindada. Además, se ha resaltado la utilidad de las recomendaciones de cultivos y rotaciones sugeridas, lo cual contribuye a una mejor toma de decisiones en el ámbito agrícola.

En conclusión, el proyecto ha cumplido con su objetivo principal al desarrollar una aplicación web georreferenciada que permite el acceso a información detallada sobre los suelos del departamento de Caaguazú, convirtiéndose en una herramienta valiosa para los agricultores y profesionales del sector, cabe mencionar que esta aplicación web ya se encuentra funcional.

RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta la situación actual, el avance de la tecnología y las necesidades de ir creciendo, se recomienda explorar la posibilidad de extender su implementación a otros departamentos del país. Contar con una herramienta similar que brinde información detallada sobre los suelos en diferentes zonas agrícolas sería de gran beneficio para los productores y contribuiría al desarrollo del sector agrícola.

También se debería mantener actualizada la información contenida en la aplicación, incorporando los avances y nuevos hallazgos relacionados con los suelos de la región. Esto garantizaría que los usuarios tengan acceso a los datos más recientes y precisos, lo que mejoraría aún más la toma de decisiones en el ámbito agrícola.

Se debería además de permitir que se observen los Órdenes, incluir los subórdenes, las familias y series del suelo en cuestión

Finalmente, se sugiere explorar la integración de funcionalidades adicionales en la aplicación, como la posibilidad de realizar análisis más complejos, lo cual podría brindar una experiencia aún más completa y enriquecedora para los usuarios.

BIBLIOGRAFÍA

[1] C. J. Villalba Martínez, A. Merino García y J. Etchevers Barra, «"Diagnóstico de la fertilidad química de suelos (Rhodic Paleudult) en sistemas agrarios y forestal de la región Oriental de Paraguay",» *Scielo*, vol. 22, nº 2, p. 8, 2017.

[2] R. Mata Chinchilla y J. Castro Chinchilla, «Geoportal de suelos de Costa Rica como Bien Público al servicio del país,» *Tecnología en Marcha*, vol. 32, p. 6, 2019.

[3] «WRB y Soil Taxonomy,» *INTAGRI*, nº 28, p. 5, 2017.

[4] H. Moreno Ramón y S. Ibañez Asensio, «Soil Taxonomy: Nomenclatura y principios de la clasificación de suelos,» *Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural, Universidad Politécnica de Valencia.*

[5] B. Heung, D. Saurette y C. Bulmer, «LibreTexts,» 2022. [En línea]. Available: https://espanol.libretexts.org/Geociencias/Ciencia_del_Suelo/Excavando_en_suelos_canadienses%3ª_una_introducci%C3%B3n_a_la_ciencia_del_suelo/03%3A_Profundizando/3.04%3A_Mapeo_Digital_de_Suelos.

[6] R. Mata Chinchilla y J. Castro Chinchilla, «Geoportal de suelos de Costa Rica como Bien Público al servicio del país,» *Tecnología en Marcha,*, vol. 32, p. 6, 2019.

[7] Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, «Buenas prácticas en la elaboración de mapas de suelos,» *Universidad de Costa Rica*, 2016.

[8] L. Carlos, L. C. Colón LLamas y A. Picón Rodriguez, «Digitalizar, georreferenciar, visualizar y narrar la ciudad . Usos del suelo y orden urbano,» *Territorios*, vol. 47, pp. 1-21, 2022.

[9] R. Garcia Palomino y J. Nolberto Boza, CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LOS SUELOS DE LA COMUNIDAD DE MAYUNMARCA-ANDABAMBA, Acobamba- Huancavelica, 2016.

[10] QGIS, «QGIS,» [En línea]. Available: https://www.qgis.org/es/site/about/index.html. [Último acceso: 20 01 2024].

[11] D. A. G. Egas, «LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN AGROLÓGICA DE SUELOS DEDICADOS A LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA,» 2020. [En línea]. Available: http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/3004/6/TESIS%20GOMEZ%20EGAS%20%28END%29.pdf.

[12] P. Garcia, «GEOINNOVA,» 11 08 2021. [En línea]. Available: https://geoinnova.org/blog-territorio/que-es-un-sig-gis-o-sistema-de-informacion-geografica/#:~:text=La%20informaci%C3%B3n%20georreferenciada%20es%20aquella,manera%20general%2C%20de%20datos%20espaciales.. [Último acceso: 10 03 2024].

[13] ASA, «ASA,» 15 04 2022. [En línea]. Available: https://asa.crs.org/2022/04/mapeo-digital-de-suelos/ . [Último acceso: 12 02 2024].

[14] POPPER, «POPPER,» 202. [En línea].

[15] «AXIOS,» [En línea]. Available: https://axios-http.com/docs/intro. [Último acceso: 12 04 2024].

[16] «Bootstrap,» [En línea]. Available: https://getbootstrap.com/. [Último acceso: 12 04 24].

[17] «Laravek Mix,» [En línea]. Available: https://laravel-mix.com/docs/6.0/installation. [Último acceso: 12 04 2024].

[18] «Lodash,» [En línea]. Available: https://lodash.com/. [Último acceso: 12 04 2024].

[19] «PostCSS,» [En línea]. Available: https://postcss.org/. [Último acceso: 12 04 2024].

[20] «NPM,» [En línea]. Available: https://www.npmjs.com/package/resolve-url-loader. [Último acceso: 12 04 2024].

[21] «Sass,» [En línea]. Available: https://sass-lang.com/. [Último acceso: 12 04 2024].

[22] «NPM,» [En línea]. Available: https://www.npmjs.com/package/sass-loader4. [Último acceso: 12 04 2024].

[23] «LiveWire,» [En línea]. Available: https://laravel-livewire.com/docs/2.x/laravel-echo. [Último acceso: 12 04 2024].

[24] «Pusher,» [En línea]. Available: https://pusher.com/. [Último acceso: 13 04 24].

[25] «Socket.IO,» [En línea]. Available: https://socket.io/. [Último acceso: 12 04 2024].

[26] «NPM,» [En línea]. Available: https://www.npmjs.com/package/unfetch. [Último acceso: 12 04 24].

[27] «Laravel File Manager,» [En línea]. Available: https://laravel.io/forum/laravel-file-manager. [Último acceso: 2024 03 25].

[28] «Packagist,» [En línea]. Available: https://packagist.org/packages/illuminate/redis. [Último acceso: 13 04 24].

[29] «Doctrine DBAL,» [En línea]. Available: https://www.doctrine-project.org/projects/dbal.html. [Último acceso: 12 04 24].

[30] «GUZZLE,» [En línea]. Available: https://docs.guzzlephp.org/en/stable/. [Último acceso: 13 04 24].

[31] «Laravel,» [En línea]. Available: https://laravel.com/docs/11.x/redis. [Último acceso: 13 04 24].

[32] «Laravel,» [En línea]. Available: https://laravel.com/. [Último acceso: 13 04 24].

[33] «Laravel,» [En línea]. Available: https://laravel.com/docs/11.x/sanctum. [Último acceso: 13 04 24].

[34] «Laravel,» [En línea]. Available: https://laravel.com/docs/11.x/artisan. [Último acceso: 13 04 24].

[35] «Laravel,» [En línea]. Available: https://laravel.com/docs/7.x/authentication. [Último acceso: 13 04 24].

[36] «Nwidart,» [En línea]. Available: https://nwidart.com/laravel-modules/v6/introduction. [Último acceso: 13 04 24].

[37] «Pusher,» [En línea]. Available: pusher.com/docs/channels/getting_started/javascript/. [Último acceso: 12 04 2024].

[38] «Packagist,» [En línea]. Available: https://packagist.org/packages/realrashid/sweet-alert. [Último acceso: 27 02 2024].

[39] «Leaflet JS,» [En línea]. Available: https://leafletjs.com/. [Último acceso: 13 04 2024].

[40] «Qgis,» [En línea]. Available: https://plugins.qgis.org/plugins/qgis2web/. [Último acceso: 11 04 2024].

[41] «QGis,» [En línea]. Available: https://plugins.qgis.org/plugins/qconsolidate3/. [Último acceso: 11 04 2024].

[42] «PostGis,» [En línea]. Available: https://postgis.net/. [Último acceso: 11 04 2024].

[43] «Instituto Nacional de Éstadísticas del Paraguay,» [En línea]. Available: https://www.ine.gov.py/microdatos/cartografia-digital-2012.php. [Último acceso: 10 11 2023].

[44] A. C. Arce Barrios, «DIAGNÓSTICO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS DE LA REGIÓN,» vol. 1, nº 1, p. 79.

[45] A. Valdiviezo Castro, MANEJO DEL SOFTWARE QGIS PARA GESTIONAR DATOS DE REDES DE DISTRIBUCIÓN, PIURA, 2019.

[46] H. Moreno Ramón y S. Ibáñez Asensio, Soil Taxonomy: Nomenclatura y, 2019.

[47] H. Moreno Ramón y S. Ibañez Asensio, «Soil Taxonomy: Nomenclatura y,» 2016.

[48] B. Heung, D. Saurette y Bulmer C., «Geociencias,» 2022. [En línea]. Available: https://espanol.libretexts.org/Geociencias/Ciencia_del_Suelo/Excavando_en_suelos_canadienses%3A_una_introducci%C3%B3n_a_la_ciencia_del_suelo/03%3A_Profundizando/3.04%3A_Mapeo_Digital_de_Suelos..

[49] R. Gé Vaillant, Sistema para la georreferenciación y análisis de la distribución, La Habana: UCI, 2016.

[50] R. Estévez, «Cómo generar mapas web interactivos con qgis2web,» 06 Marzo 2019. [En línea]. Available: https://www.geomapik.com/webmapping-gis/qgis2web-plugin-como-generar-mapas-web-leaflet/. [Último acceso: 13 Marzo 2024].

[51] D. C. Chambilla Chavéz, IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA PARA EL MANEJO INTEGRADO DE LA MOSCA DE LA FRUTA EN SENASA, Lima: Universidad San Ignacio Loyola, 2019.

[52] I. I. d. C. p. l. Agricultura, «Buenas prácticas en la elaboración de mapas de suelos,» *Universidad de Costa Rica*, 2016.

[53] «Qgis,» [En línea]. Available: https://www.qgis.org/es/site/. [Último acceso: 11 04 2024].

[54] Unidad Técnica del Proyecto Panamá - Darién, Proyecto de Desarrollo Integrado de la Región Oriental de Panamá - Darién, Washington, 1978.

[55] «POPPER,» [En línea]. Available: https://popper.js.org/docs/v2/. [Último acceso: 12 04 2024].

[56] «Asa,» [En línea].

ANEXO

- **Diagrama de flujo de datos de-Proceso de solicitud**

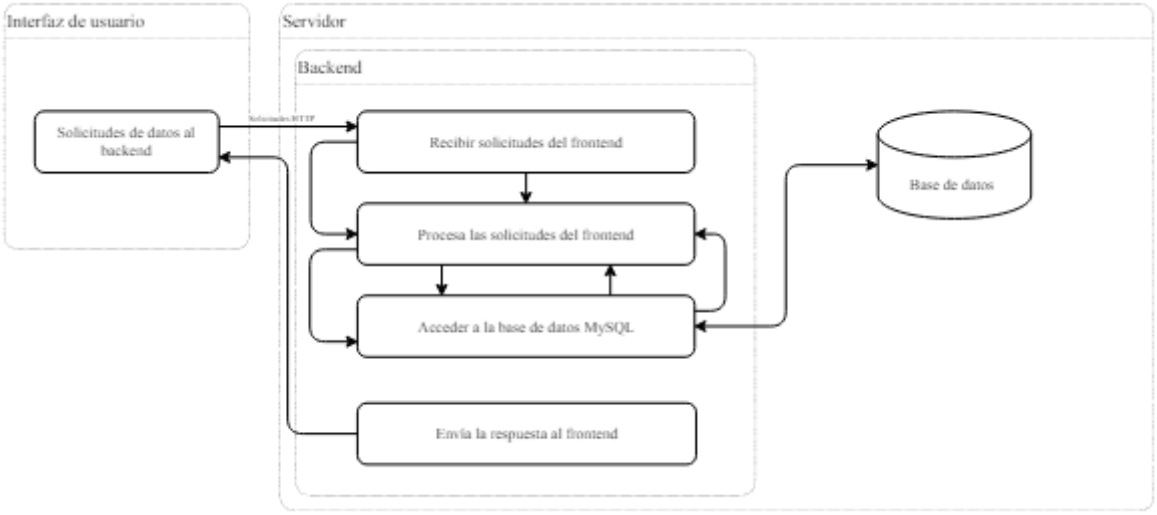


Figura 16 Diagrama de Flujo de Datos- Proceso Solicitud de Datos

- **Diagrama Entidad Relación (D.E.R.)**

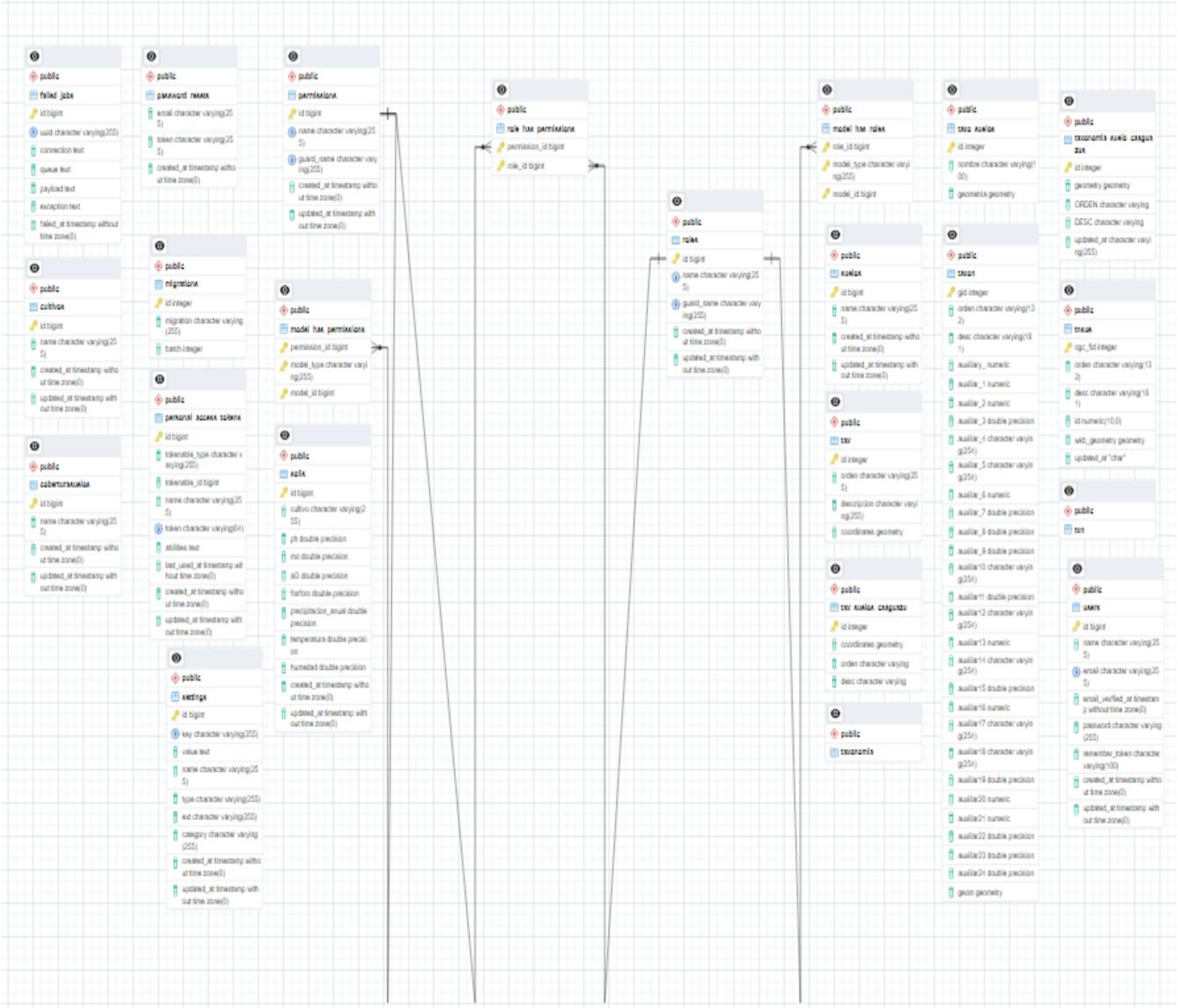


Figura 17 Diagrama Entidad Relación

- **Encuesta realizada a alumnos de la catedra Fertilidad de Suelos de la Facultad de Ciencias de la Producción de la Universidad Nacional del Caaguazú.**

Aplicación web georreferenciada para el acceso a la información de suelos del departamento de Caaguazú

Esta encuesta es anónima. No se registrarán informaciones personales, y los datos facilitados en el cuestionario serán tratados en virtud a las disposiciones legales vigentes. Es parte del proceso de investigación que se está realizando a fin de recolectar datos que servirán para "Desarrollar una aplicación web georreferenciada para el acceso a la información de tipo de suelos del departamento de Caaguazú", para ello se buscará:

- Digitalizar un mapa taxonómico de tipo de suelos para el departamento de Caaguazú.

- Desarrollar el modelo de la aplicación web georreferenciada para el acceso a la información de suelos del departamento de Caaguazú.

- Demostrar la funcionalidad de la aplicación web georreferenciada para el acceso a la información de suelos del departamento de Caaguazú.

La información recabada será tratada de manera confidencial y anónima. Y no será utilizada con ninguna finalidad distinta a la detallada en el párrafo anterior.

Su participación es totalmente voluntaria y puede terminarla en cualquier momento, sin consecuencia alguna.

No hay beneficios por completar la encuesta.

Si tiene dudas o quiere solicitar más información, puede dirigirse a fanypaniagua25@gmail.com

Figura 18 Encuesta- Información Inicial

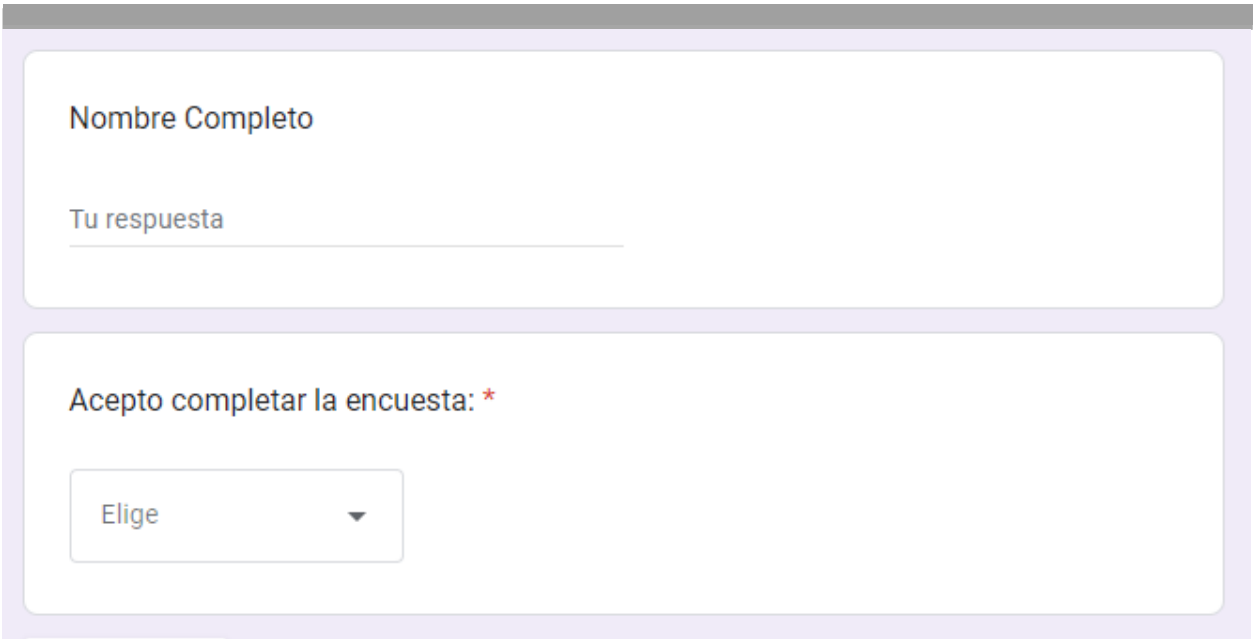


Figura 19 Encuesta- Datos Personales

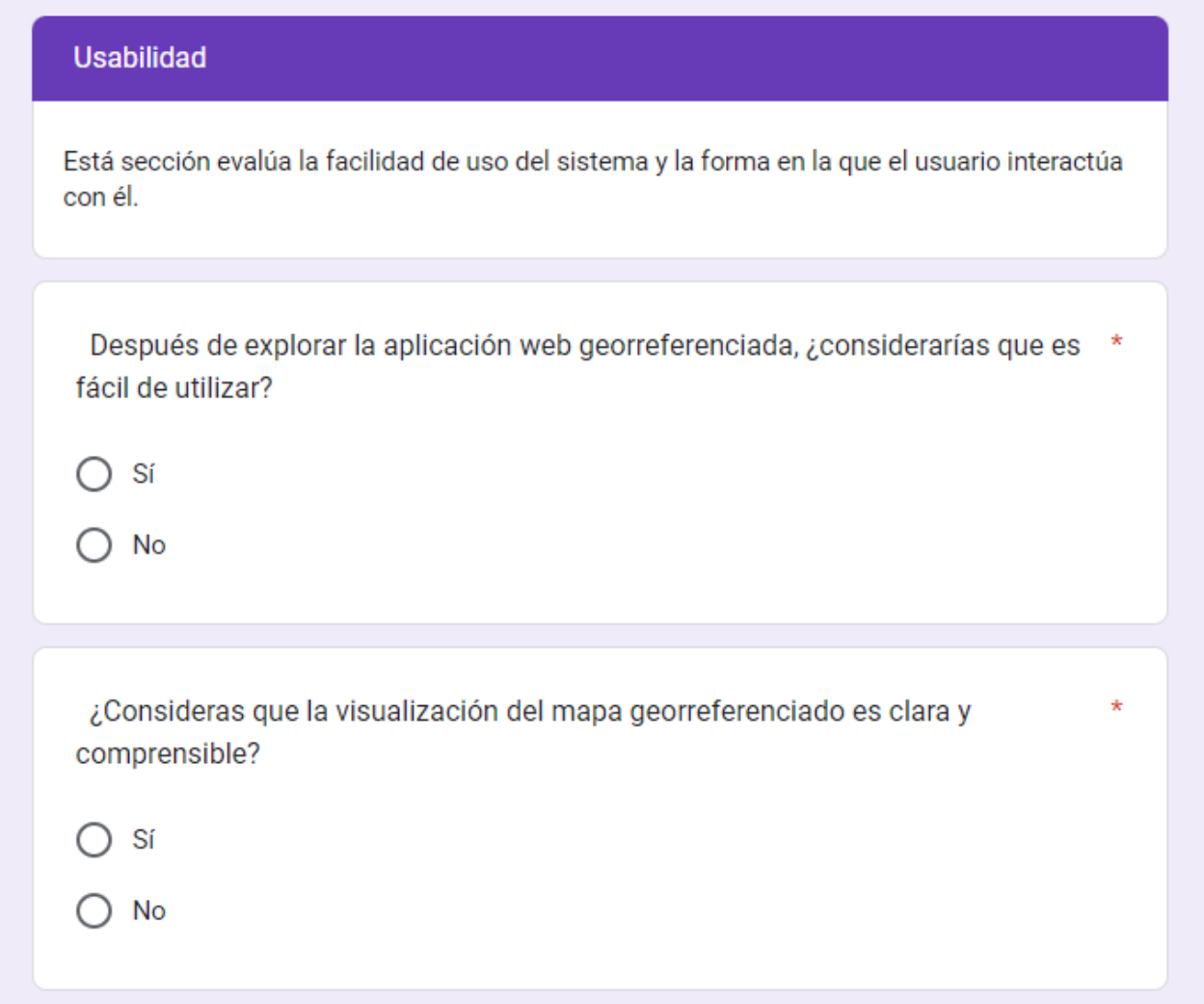


Figura 20 Encuesta Sección Usabilidad

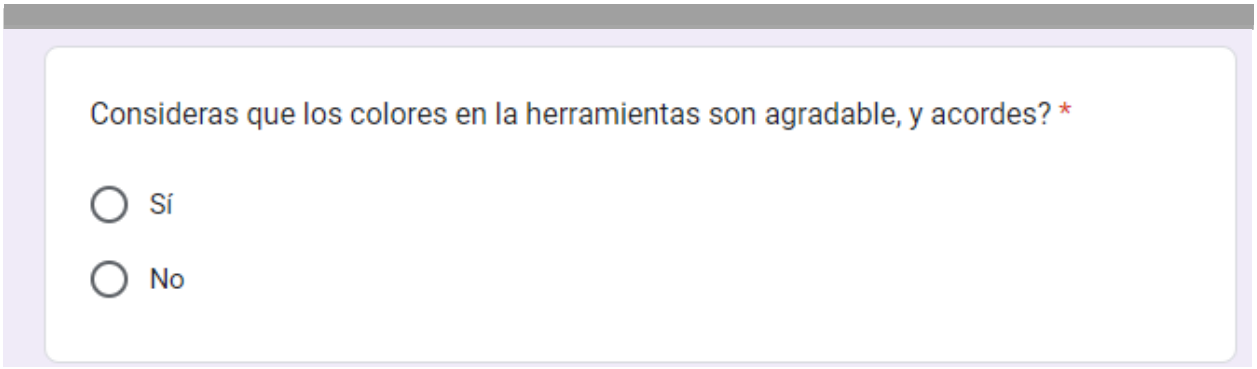


Figura 21 Encuesta Sección Usabilidad 2

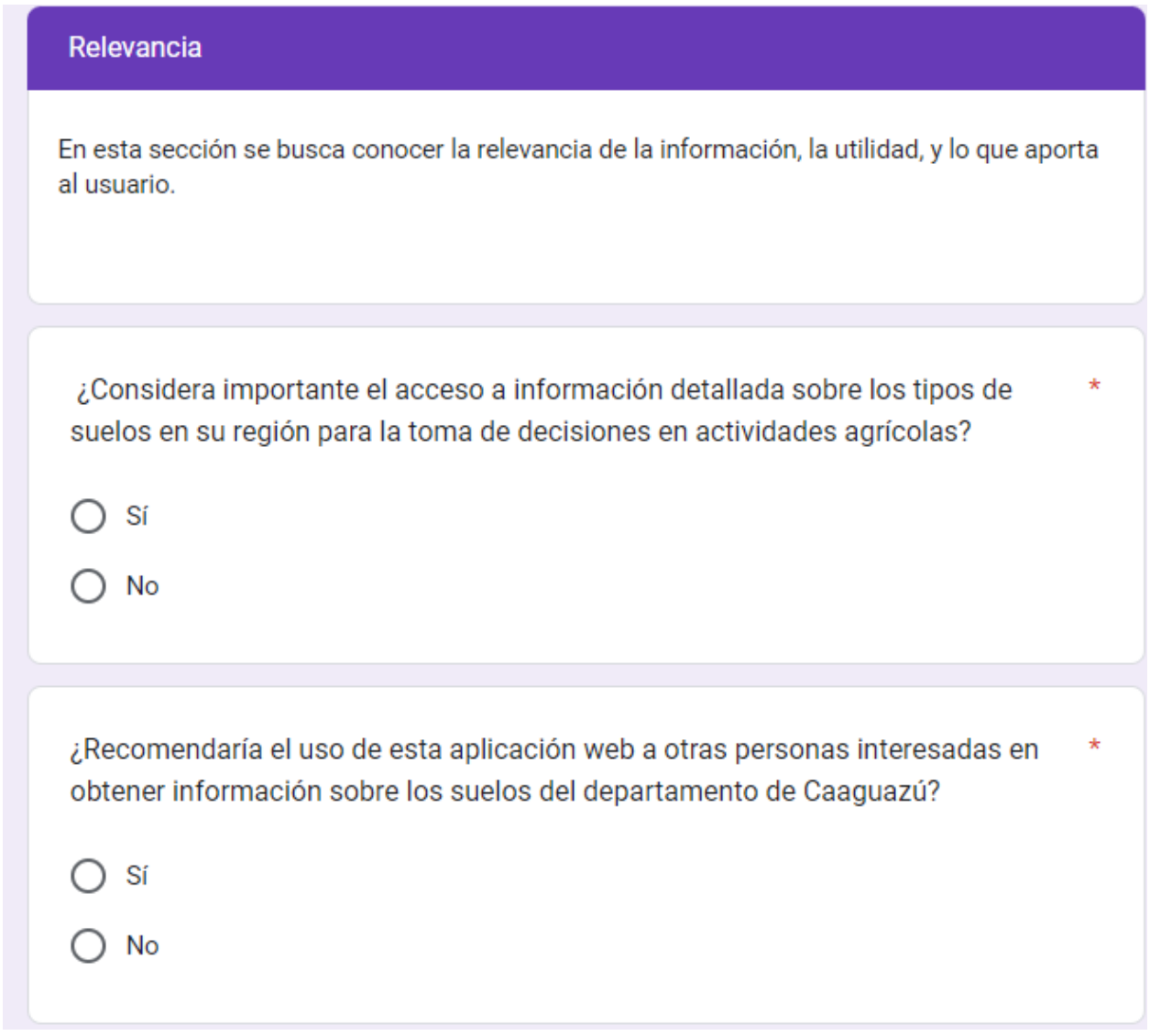


Figura 22 Encuesta Sección Relevancia

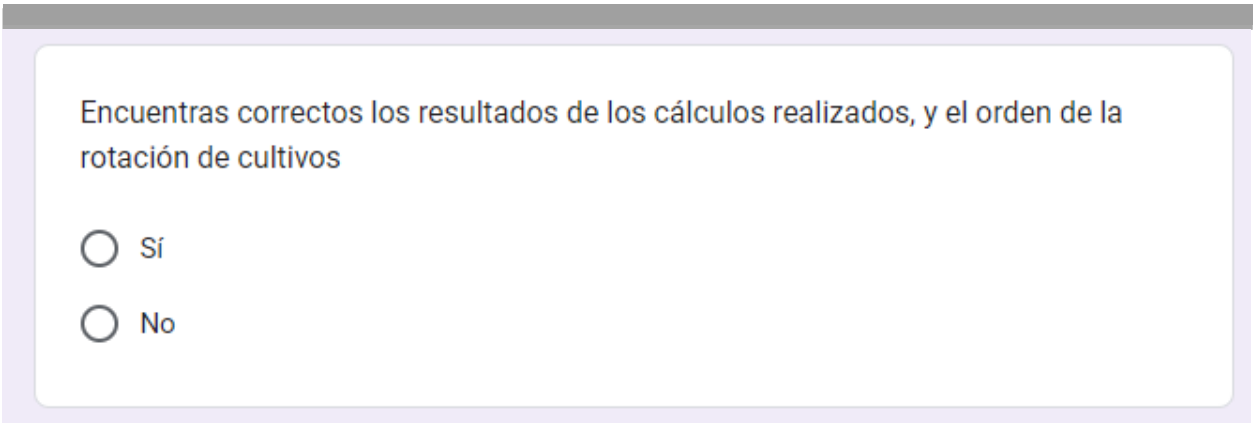


Figura 23 Encuesta Sección Relevancia 2

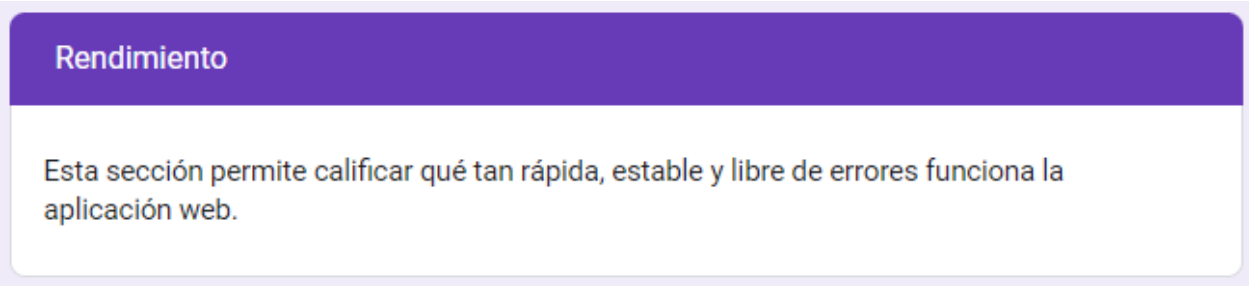


Figura 24 Encuesta Sección Rendimiento

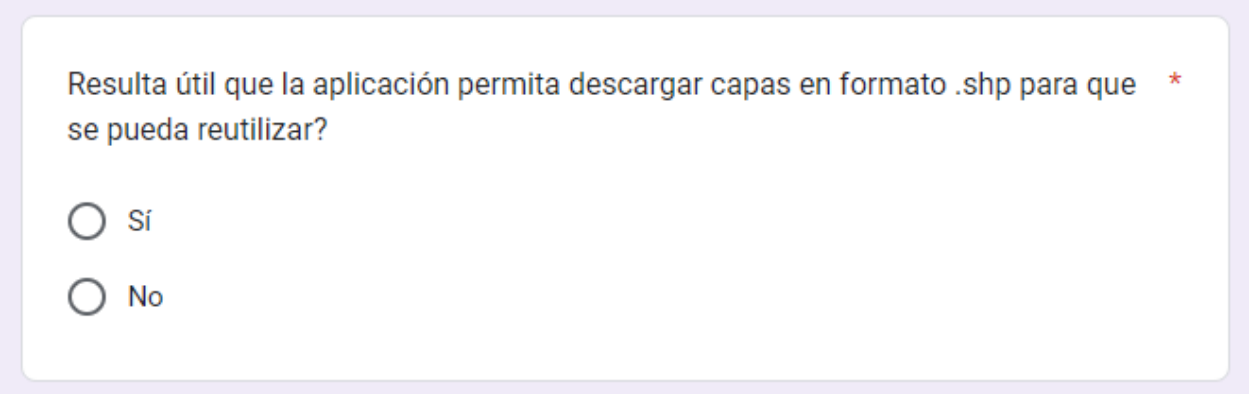


Figura 25 Encuesta Sección Rendimiento 2

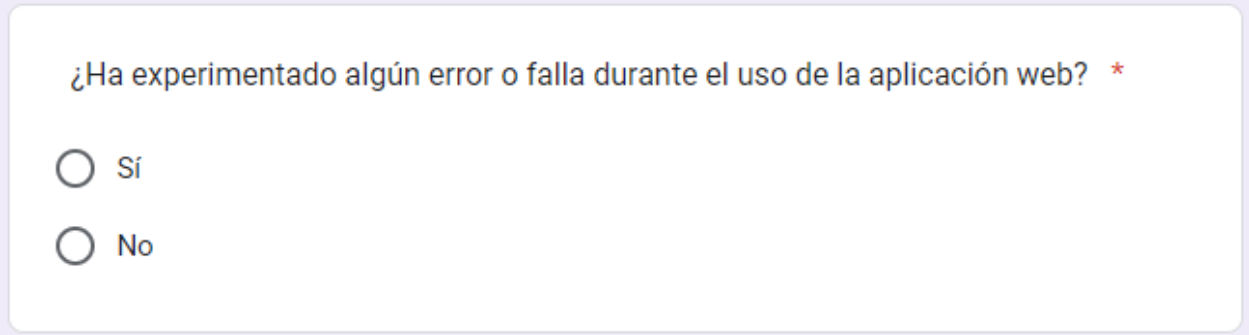


Figura 26 Encuesta Sección Rendimiento 3