

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



**DISTRIBUCIÓN ESPACIO TEMPORAL DE LOS
PARÁMETROS DE FERTILIDAD DE LOS SUELOS DE
CANCHÁN, 2022**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

AGRICULTURA, BIOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

TESISTA:

ALEJO ARTETA, KEVIN JESÚS

ASESORA:

Dra. VEGA JARA, LILIANA

HUÁNUCO – PERÚ

2023

DEDICATORIA

A Dios, por acompañarme en todo momento, guiarme por el buen camino y ser mi soporte en los momentos más difíciles.

A mis padres, por el apoyo incondicional que me brindaron, por sus consejos y también por ser la motivación para alcanzar mis anhelos.

A la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, que me recibió como tal y me brindo muchas oportunidades para continuar en mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por acompañarme, levantarme de mis tropiezos y ayudarme a aprender de mis errores y corregirlos.

A mis padres, por forjarme e inculcarme valores y principios; y por los ánimos continuos que me brindaron durante todos estos años.

A mi asesora y coasesor, quienes contribuyeron en la ejecución de la tesis y por su constante apoyo.

A la Universidad Nacional Hermilio Valdizán y a los excelentes docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias, a quienes admiro y respeto, y estaré eternamente agradecido.

RESUMEN

El presente estudio se desarrolló en el Centro de Producción e Investigación de Canchán, con el objetivo de evaluar la distribución espacio-temporal de los parámetros de fertilidad de los suelos, tanto características físicas (textura) como químicas (pH, MO, P-Olsen, K disponible, Nitrógeno potencialmente mineralizable y Porcentaje de mineralización de N). Se establecieron 95 puntos distribuidas en toda el área de estudio para el muestreo de suelo, tomando sus coordenadas y luego se envió al laboratorio de suelos para sus respectivos análisis físico-químicos. Los resultados obtenidos en laboratorio se procesaron mediante el Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la elaboración de los mapas de fertilidad. Los suelos presentaron texturas Franco Arcillo Arenosas y Franco en mayor extensión, con un pH predominante moderadamente alcalina ocupando un área de 20.2 ha, pero también con pH Neutro y levemente alcalinas, presentaron Materia Orgánica medianamente pobres. Respecto al Fósforo (P) y Potasio disponible (K), presentan una disponibilidad media y óptima para el K y óptima para el P; asimismo el Nitrógeno potencialmente mineralizable con un porcentaje alto, al igual que el Porcentaje de mineralización variando entre 2 a 24%. Los mapas de fertilidad que se realizaron fueron para conocer específicamente el pH, P-Olsen y Nitrógeno potencialmente mineralizable, ya que son indispensables en el momento de la toma de decisiones para el manejo del suelo para un determinado cultivo.

Palabras clave: Mapas de fertilidad, características físicas, características químicas.

ABSTRACT

This present study was developed at the Production and Research Center of Canchán, with the objective of evaluating the spatio-temporal distribution of soil fertility parameters, both physical characteristics (texture) and chemical (pH, MO, P-Olsen, K available, potentially mineralizable nitrogen and percentage of N mineralization). 95 points were established distributed throughout the study area for soil sampling, taking their coordinates and then sent to the soil laboratory for their respective physical-chemical analysis. The results obtained in the laboratory were processed using the Geographic Information Systems (GIS) for the elaboration of fertility maps. The soils presented textures Sandy Clay Loam and Franco in greater extension, with a predominantly moderately alkaline pH occupying an area of 20.2 ha, but also with neutral pH and slightly alkaline, presented Organic Matter moderately poor. Regarding Phosphorus (P) and available Potassium (K), they have a medium and optimal availability for K and optimal for P; also the potentially mineralizable nitrogen with a high percentage, as well as the percentage of mineralization varying between 2 to 24%. The fertility maps that were made were to know specifically the pH, P-Olsen and potentially mineralizable nitrogen, since they are indispensable at the time of decision making for soil management for a given crop.

Key words: Fertility maps, physical characteristics, chemical characteristics.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1 Fundamentación del problema de investigación.....	3
1.2 Formulación del problema de investigación.....	4
1.2.1 Problema general.....	4
1.2.2 Problemas específicos.....	4
1.3 Formulación de objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
1.4 Justificación.....	5
1.5 Limitaciones.....	5
1.6 Variables.....	6
1.7 Definición teórica y operacionalización de variables.....	6
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Antecedentes.....	7
2.2 Bases teóricas.....	9
2.2.1 Características físicas.....	9
2.2.1.1 Textura.....	9
2.2.2 Características químicas.....	11
2.2.2.1 pH.....	11
2.2.2.2 Materia orgánica.....	12
2.2.3 Fertilidad del suelo.....	14
2.2.3.1 Nitrógeno en el suelo.....	14

2.2.3.2 Fósforo en el suelo.....	16
2.2.3.3 Potasio en el suelo.....	18
2.2.4 Dron.....	19
2.2.4.1 Clasificación de Drones.....	20
2.2.4.2 Aplicaciones en la Agricultura.....	21
2.2.5 Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	22
2.2.5.1 Componentes de un SIG.....	22
2.2.5.2 Unidad cartográfica de suelos.....	23
2.2.5.3 Zonificación.....	24
2.3 Bases conceptuales.....	24
2.4 Bases filosóficas.....	26
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	27
3.1 Ámbito.....	27
3.2 Población.....	27
3.3 Muestra.....	27
3.4 Nivel y tipo de estudio.....	28
3.5 Diseño de investigación.....	28
3.6 Métodos, técnicas e instrumentos.....	28
3.7 Validación del instrumento.....	30
3.8 Procedimiento.....	30
3.9 Consideraciones éticas.....	34
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	35
4.1 Características físico-químicas de los suelos de Canchán.....	35
4.1.1 Características físicas.....	35
4.1.2 Características químicas.....	38
4.2 Distribución de pH, Nitrógeno potencialmente mineralizable y P-Olsen en suelos de Canchán mediante la confección de mapas.....	45
4.3 Porcentaje de Mineralización de N.....	47

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN.....	50
CONCLUSIONES.....	53
RECOMENDACIONES.....	54
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	55
ANEXOS	

INTRODUCCIÓN

Los suelos son un importante soporte de nutrientes para los cultivos, por ello es necesario conocer sus características tanto físicas como químicas, de esta manera poderlas clasificarlas y a la vez identificar su riqueza o deficiencia. Conociendo estos parámetros de fertilidad se pueden aprovechar mejor los insumos agrícolas, teniendo mejores resultados y reduciendo los costos de producción.

Las características físicas como la textura del suelo son de mucha importancia, porque al clasificarlas podremos no solo conocer a que clase textural pertenece, sino también que cultivos se pueden adecuar a una determinada textura. Aparte de ello también se puede conocer la calidad del suelo y poder realizar los manejos adecuados requeridos por el cultivo que se desee establecer.

Respecto a las características químicas, como el pH y la materia orgánica, también son fundamentales; un suelo con pH neutro es lo más adecuado, porque mantienen equilibrado la disponibilidad de los nutrientes; y la materia orgánica en el suelo es indispensable, porque cumple un rol fundamental sobre las propiedades físicas, químicas, biológicas y nutricionales del suelo. Conociendo estas características se pueden emplear diferentes técnicas en el manejo del suelo para poder corregir el pH, reduciendo la acidez o alcalinidad que son los causantes de contaminación y reducción de los rendimientos de los cultivos.

La fertilidad de los suelos está determinada por los macronutrientes primarios como el N, P y K, debido a que los cultivos los requieren en cantidades importantes para el crecimiento y desarrollo, pero en la solución del suelo no son lo suficientemente abundantes, por lo que requieren ser añadidos por medio de los abonos o fertilizantes para cubrir las exigencias de las plantas (Asado, 2012). Elaborar los mapas de fertilidad sirven como herramienta para conocer los niveles de fertilidad de un determinado suelo, lo cual permite conocer la riqueza de sus nutrientes con exactitud, estos mapas son de gran ayuda para los agricultores al momento de establecer un cultivo, porque conocerán donde aplicar los abonos y la cantidad exacta, de esta manera darle un uso óptimo de los insumos agrícolas y ya no aplicando la misma cantidad a toda la parcela, sino solamente donde lo requiera.

Los mapas de fertilidad contribuyen específicamente en la agricultura de precisión, gracias a la información detallada de una parcela se puede realizar una mejor toma de decisiones, también a planificar un mejor uso del suelo, optimizando los rendimientos de los cultivos. El objetivo de la investigación fue evaluar la distribución espacio-temporal de los parámetros de fertilidad de los suelos de Canchán.

CAPÍTULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Fundamentación del problema de investigación

La agricultura en el mundo viene enfrentando por mucho tiempo el desafío de aumentar la producción agrícola en respuesta a la creciente demanda de la población y disminuir su efecto ambiental; la agricultura de precisión se define como un conjunto de técnicas orientadas a optimizar el uso de los insumos agrícolas con base en la cuantificación de la variabilidad espacial y temporal de la producción agrícola (Duarte y Montaña, 2020).

El suelo es uno de los factores claves en la producción agropecuaria sirve tanto como fuente y reserva de nutrientes, además ahí es donde las raíces encuentran oxígeno, agua y sostén para los cultivos; la disponibilidad de nutrientes varía espacialmente en función de los factores formadores del suelo y del manejo (Villareal, 2018). Dado que la fertilidad del suelo puede variar grandemente en distancias relativamente cortas, el método estadístico clásico no es adecuado para analizar los datos provenientes de análisis físicos y químicos de suelos (Martínez, 2020).

Generalmente, la fertilidad de los suelos se evalúa a partir de análisis físicos, químicos y biológicos, comparando los resultados con escalas de calibración preestablecidas, lo cual resulta tedioso, con poca o ninguna visualización espacial del comportamiento edáfico (Calderón et al., 2012).

Una medición adecuada para la disponibilidad de nutrientes se convierte en una herramienta para para mejorar el manejo de abonos, fertilizantes y enmiendas por zonas o unidades espaciales. Los mapas de fertilidad es una herramienta básica para una futura zonificación de cultivos. Permiten seleccionar zonas que representen a los suelos con características adecuadas para un determinado cultivo (Villareal, 2018).

1.2. Formulación del problema de investigación

1.2.1. Problema General

¿Cuál será la distribución espacio-temporal de los parámetros de fertilidad de los suelos de Canchán, 2022?

1.2.2. Problemas Específicos

- a) ¿Cuáles serán las características físico-químicas más importantes de los suelos de Canchán?
- b) ¿Cuál será la distribución del pH, Nitrógeno potencialmente mineralizable y P-Olsen en suelos de Canchán mediante confección de mapas?
- c) ¿Cuál será el % de mineralización de nitrógeno de los suelos de Canchán?

1.3. Formulación de los objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar la distribución espacio-temporal de los parámetros de fertilidad de los suelos de Canchán, 2022.

1.3.2. Objetivos Específicos

- a) Determinar las características físico-químicas más importantes de los suelos de Canchán (0-20 cm).
- b) Determinar la distribución de pH, Nitrógeno potencialmente mineralizable y P-Olsen en suelos de Canchán mediante la confección de mapas.

- c) Determinar el % de mineralización de Nitrógeno de los suelos de Canchán.

1.4. Justificación

Se justifica desde el punto de vista económico, social y ambiental.

Económico, porque ayudará a los productores de Canchán a tener un mayor rendimiento de sus cultivos, ya que los mapas de fertilidad indicarán las características físico-químicas de los suelos, por ende, se evitarán realizar gastos innecesarios, porque se conocerá la fertilidad del suelo, de esta manera reducir los costos de producción y generar más ingresos.

Social, porque al conocer la distribución espacio-temporal de los parámetros de fertilidad de suelos resulta ser una alternativa más para los productores, de esta manera favorecerá a los agricultores a mejorar su calidad de vida, compartiendo también los conocimientos con otros agricultores vecinos, generando mayor confianza a los agricultores porque conocerán tanto la riqueza y deficiencia de los nutrientes del suelo, para poder distribuir correctamente la cantidad de los insumos agrícolas.

Ambiental, porque se evitará el uso excesivo de insumos agrícolas como fertilizantes en el manejo de los cultivos, gracias a que al tener un mapa de fertilidad de suelo se evita el incremento del uso de fertilizantes inorgánicos, de tal manera que se conocerá a detalle la fertilidad y se podrá incorporar los fertilizantes al suelo de manera correcta con dosis menores y también el uso de abonos orgánicos, que nos permitirá conservar el medio ambiente libre de residuos contaminantes.

1.5. Limitaciones

No presentó limitaciones significativas en la ejecución del proyecto de tesis.

1.6. Variables

Características físicas.

Características químicas.

1.7. Definición teórica y operacionalización de las variables

Características físicas

Cualidades propias o peculiares de un suelo como el espesor, color, textura, estructura, etc., dependiendo de las condiciones bajo las cuales se han formado dicho suelo y de su manejo (Loteró y Rodríguez, 1968).

Características químicas

Cualidades propias o peculiares de un suelo como aquellas propiedades químicas que modifican las propiedades físicas y la naturaleza química del suelo que controla el suplemento y disponibilidad de los nutrientes para el crecimiento de las plantas (Loteró y Rodríguez, 1968).

Las variables y la operacionalización de variables (Cuadro 01).

Cuadro 01. Variables y operacionalización de variables.

VARIABLES	INDICADORES	SUB INDICADORES	UND.
Variable independiente Características físicas	a) Textura	Clases texturales	-
Variable Independiente Características químicas	a) pH b) Materia Orgánica c) P-Olsen d) K disponible e) Nitrógeno Potencialmente Mineralizable (Nan) f) % de mineralización	pH Porcentaje de MO P extractable Disponibilidad de K Nan %Min. N = Nan/N total*100	- % ppm ppm ppm %

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Martínez (2020) en Modelado geoestadístico de fertilidad de un terreno agrícola mediante mapas de Kriging que interpolan los datos de análisis químico de suelos, concluye que con base en los valores calculados de variograma, se generaron mapas de interpolación de Kriging que representan confiablemente la variabilidad espacial de propiedades importantes de la fertilidad de un suelo agrícola. Aunque los métodos estadísticos clásicos no arrojaron información útil para el diagnóstico de condiciones específicas de sitio, fue posible utilizar software GIS para identificar y dividir las zonas cuyos datos tuvieron cuantificación semejante a través de análisis de laboratorio. Este es un método de costo relativamente bajo, pero muy recomendable para la elaboración de planes de manejo agronómico, que permitan incrementar el potencial de cosechas y reducir desperdicios.

Villareal (2018) en Mapas de fertilidad como herramienta para zonificación de suelos en Panamá, concluye que los mapas generados son una herramienta útil que sirve de apoyo para la planificación y la toma de decisiones, asimismo, permite estimar una primera aproximación del riesgo de la producción, esto a una escala operativa nivel nacional y regional. Con la interpretación por cultivo, los mapas de fertilidad muestran las características de fertilidad más adecuadas para cultivos de agroexportación y también áreas donde no es recomendable la actividad agropecuaria.

Chuchuca (2014) en Mapificación del grado de fertilidad de suelos, mediante los Sistemas de Información Geográfica (SIG), del Cantón de Las Lanjas Provincia de El Oro, concluye que los suelos del cantón Las Lanjas, presentan un nivel de fertilidad moderada en el 54,41% de la superficie total. La clase textural que predomina en los suelos del cantón Las Lanjas es el Franco Arenoso (Fo Ao) con un porcentaje de 51,47% de la superficie total. Los suelos del cantón tienden a muy ácidos con un porcentaje de 75,00% de

la superficie total. El nivel de la materia orgánica, carbono orgánico y por ende el de nitrógeno son muy bajos. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) en estos suelos es de nivel medio, y representa el 55,88% de la superficie total. Los niveles de los elementos cambiables Potasio, Calcio y Magnesio son muy altos en estos suelos, mientras que el Sodio son bajos. Los micronutrientes tuvieron una distribución irregular y de varios niveles. Que los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se constituyen en una herramienta de suma importancia, para la mapeación, porque permite capturar, almacenar, administrar, manipular y presentar datos relacionados a elementos útiles y que están en la superficie del suelo.

Duarte y Montaña (2020) en Manual de procedimientos para elaboración de mapas de variabilidad espacial de suelos y su aplicación en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras; concluyen que se generó un manual de procedimientos para elaboración de mapas de variabilidad espacial de suelos y su aplicación en los lotes 2 y 3 de La Vega de Monte Redondo de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras. El manual de procedimientos para la modelación de mapas de variabilidad espacial de suelos permite al usuario aplicar una técnica de mapeo digital en la producción vegetal, para optimizar los recursos de aplicación de fertilizantes. Se aplicó una metodología para la modelación de variabilidad espacial de los suelos al implementar herramientas de Agricultura de Precisión. Los mapas de variabilidad espacial de suelos expresaron variación espacial de algunas propiedades del suelo que permiten proponer programas de fertilización diferencial.

Calderón *et al* (2012) en Confección de mapas temáticos para evaluar la fertilidad del suelo en las áreas agrícolas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, concluyen que la importancia de contar con los resultados de suelo en dicho trabajo proporciona una información bastante exacta y segura sobre el balance nutricional que actualmente poseen los suelos de ese escenario, y la certeza de buscar un adecuado balance en el suministro de nutrientes y

otras alternativas para el reciclaje de los mismos, con el fin de lograr el adecuado crecimiento y desarrollo de los cultivos que se establezcan tanto con carácter experimental como los que puedan constituir la modalidad de producción de alimentos, desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo al aspirar a rendimientos superiores con el manejo. La importancia de esos monitoreos, incluso teniendo en cuenta los rendimientos de los cultivos, pueden identificar las áreas que pudieran necesitar un manejo especial, así como las que requieran diferentes niveles de nutrientes.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Características físicas

2.2.1.1. Textura

La textura del suelo es la proporción relativa de los diferentes grupos dimensionales o fracciones, la cual depende de la naturaleza de la roca madre, así también como de factores y procesos de formación del suelo (Asado, 2012). La textura del suelo es la sensación que este produce al tacto, causada por los materiales minerales que lo constituyen, la textura está determinada solo por el material mineral (Vivas *et al.*, 2014).

Según Lotero y Rodríguez (1968) mencionan que la textura se refiere a las diferentes proporciones de separados en la fracción mineral del suelo. Según su tamaño se clasifican en arena, limo y arcilla (Vivas *et al.*, 2014).

Cuadro 02. Tamaño de las partículas minerales del suelo, de acuerdo con el sistema internacional.

Tipos de partículas	Rangos de diámetro (mm)
Arena	2,0 – 0,02
Limo	0,02 – 0,002
Arcilla	Menos de 0,0002

Fuente: Vivas *et al.*, 2014.

Clases texturales

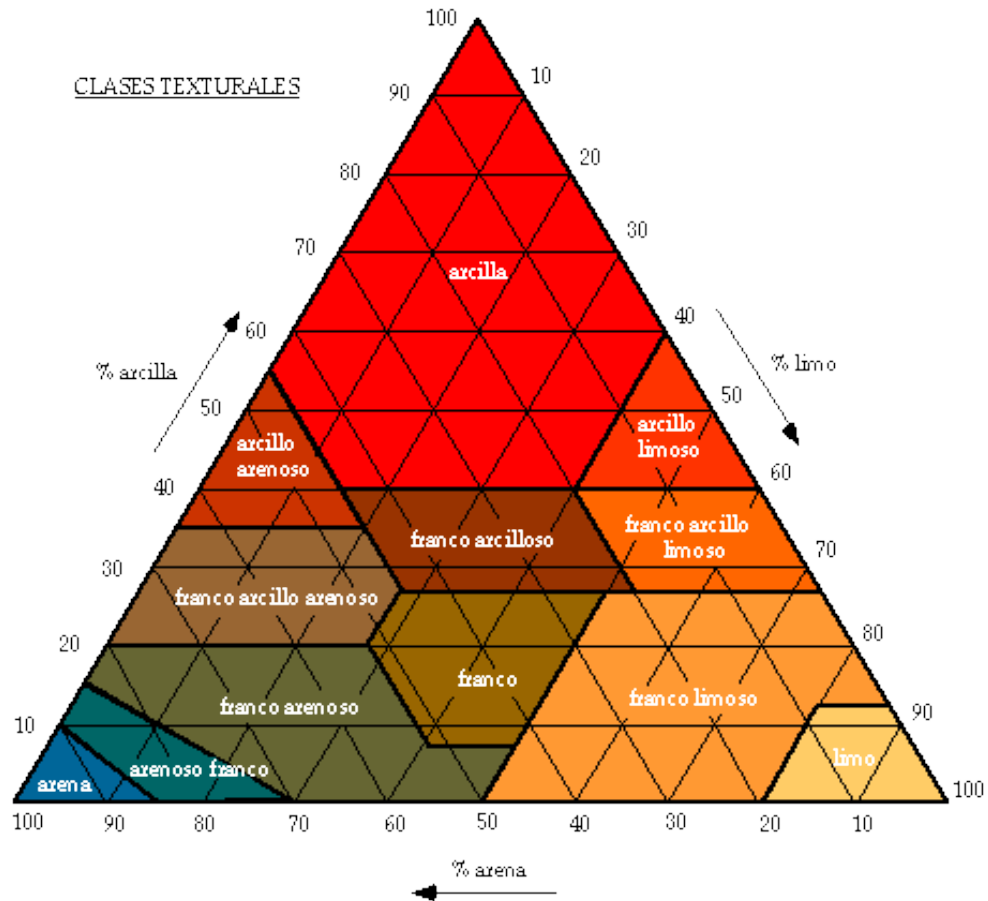
Según Chuchuca (2014) menciona que una clase textural es el nombre con el que se designa a un suelo de acuerdo a la fracción o fracciones predominantes. La textura se puede representar gráficamente mediante un diagrama textural en forma de triángulo equilátero sobre cada uno de sus lados representa el porcentaje de arena, limo y arcilla, de tal modo que sea posible relacionar gráficamente las muestras de suelo (Asado, 2012).

Cuadro 03. Clasificación de los suelos según su textura

Textura	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase textural	
Gruesa	86-100	0-14	0-10	Arenoso	Suelos arenosos
	70-86	0-30	0-15	Arenoso franco	
Moderadamente gruesa	50-70	0-50	0-20	Franco arenoso	Suelos francos
Media	23-52	28-50	7-27	Franco	
	20-50	74-88	0-27	Franco limoso	
	0-20	88-100	0-12	Limoso	
Moderadamente fina	20-45	15-52	27-40	Franco arcilloso	
	45-80	0-28	20-35	Franco areno arcilloso	
	0-20	40-73	27-40	Franco arcillo limoso	
Fina	45-65	0-20	35-55	Arcillo arenoso	Suelos arcillosos
	0-20	40-60	40-60	Arcillo limoso	
	0-45	0-40	40-100	Arcilloso	

Fuente: USDA, mencionado por Asado, 2012.

Figura 01. Triángulo textural (SSS, mencionado por Asado, 2012).



2.2.2. Características químicas

2.2.2.1. pH

El pH es una propiedad del suelo que indica la capacidad de las partículas de suelo para adsorber iones de hidrógeno (H^+), la cual determina si un suelo es ácido o alcalino; esta propiedad influye en la solubilidad, movilidad, disponibilidad de nutrientes y otros constituyentes inorgánicos presentes en el suelo (Chuchuca, 2014).

Según Asado (2012) menciona que la reacción del suelo es un parámetro que se utiliza en lugar del pH, porque para expresar el grado de acidez o basicidad, es necesario considerarlo como un sistema muy complejo que depende no solo del pH, sino de la interacción de múltiples subsistemas.

Cuadro 04. Clasificación de suelos según su pH y sus posible efectos en el suelo.

RANGO	pH	EFFECTOS EN EL SUELO
Extremadamente ácido	< 4,5	Condiciones extremadamente desfavorables.
Muy fuertemente ácido	4,5 – 5,0	Posible toxicidad por Al.
Fuertemente ácido	5,1 – 5,5	Exceso de Co, Cu, Fe, Mn, Zn. Deficiencia de Ca, K, N, Mg, Mo, P, S. Escasa actividad microbiana.
Moderadamente ácido	5,6 – 6,0	Adecuado para la mayoría de los cultivos.
Ligeramente ácido	6,1 – 6,5	Disponibilidad máxima de nutrientes.
Neutro	6,6 – 7,3	Mínimos efectos tóxicos. A pH ≤ 7, carecen de CaCO ₃ .
Levemente alcalino	7,4 – 7,8	Suelos generalmente con CaCO ₃ .
Moderadamente alcalino	7,9 – 8,4	Disminuye disponibilidad de P y B. Deficiencia creciente de Co, Cu, Fe, Mn, Zn. Clorosis férrica.
Fuertemente alcalino	8,5 – 9,0	En suelos con CaCO ₃ , puede deberse a MgCO ₃ si no hay sodio intercambiable.
Muy fuertemente alcalino	> 9,1	Presencia de carbonato sódico. Elevado porcentaje de Na intercambiable. Toxicidad por Na, B. Escasa actividad microbiana. Micronutrientes poco disponibles, excepto Mo.

Fuente: Asado, 2012.

2.2.2.2. Materia orgánica

Según la FAO (2009) sostiene que la materia orgánica se refiere a todo material de origen animal o vegetal descompuesto, parcialmente descompuesta y sin descomposición. La mayoría de los estudios coinciden que la materia orgánica es el principal indicador e indudablemente el que posee una influencia más significativa sobre la calidad del suelo y su productividad.

Todos los suelos contienen materia orgánica derivada directamente de los residuos de plantas y animales, lo cual es sintetizada durante la

descomposición biológica; solo una parte pequeña del total de carbono orgánico y nitrógeno presente en el suelo es biológicamente activa (González, 2018).

Cuadro 05: Materia orgánica

Clase	Porcentaje
Extremadamente pobre	0.00 – 0.60
Pobre	0.61 – 1.20
Medianamente pobre	1.21 – 1.80
Mediano	1.81 – 2.40
Medianamente rico	2.41 – 3.00
Rico	3.01 – 4.20
Extremadamente rico	Mayor de 4.20

Fuente: AGRI nova Science.

Transformación de la materia orgánica en el suelo

El proceso de transformación de la materia orgánica en el suelo consta de varias etapas, dependiendo de los materiales que intervienen y las reacciones que en ellos se producen a distinta velocidad (Asado, 2012).

Alteración mecánica: Es la primera etapa donde los restos orgánicos se fragmentan por acción de los animales del suelo, tanto animales inferiores como superiores se encargan de mezclar las partículas de origen orgánico y mineral, esta labor favorece el ataque realizado por los microorganismos del suelo; los residuos orgánicos fragmentados y mezclados, se descomponen con la intervención de hongos, bacterias y actinomicetos, sufriendo procesos de transformación química muy intensos (Asado, 2012).

El proceso de transformación química: Consta de dos etapas.

Mineralización primaria (rápida): constituye un sistema de reacciones bioquímicas muy complejas, que actúan sobre los compuestos orgánicos sencillos del suelo, producto de la descomposición y biodegradación de la

materia orgánica. Consta de dos fases la proliferación microbiana y decrecimiento microbiano (Asado, 2012).

Humificación: se inicia inmediatamente después de la fase de proliferación microbiana y prosigue a medida que disminuye la población microbiana; como producto final se obtienen los compuestos húmicos. El humus también se somete a procesos de mineralización, a través de una degradación más lenta.

Los factores que intervienen en la mineralización y humificación pueden ser externos e internos (Navarro, mencionado por Asado, 2012).

Factores externos:

- Tipo de vegetación presente.
- Tipo de microorganismos.
- Condiciones ambientales (temperatura, humedad y aireación).
- pH
- La textura y presencia de sustancias tóxicas.

Factores internos:

- Cantidad de materia orgánica depositada.
- El tamaño de los residuos orgánicos.
- La composición química de los residuos orgánicos.

2.2.3. Fertilidad de suelos

2.2.3.1. Nitrógeno en el suelo

Según Florencia *et al* (2019) sostienen que el nitrógeno no proviene de la degradación de la roca madre, normalmente todo el nitrógeno que se encuentra en el suelo deriva de aquel que está en la atmósfera terrestre a través de los procesos de fijación, fundamentalmente de tipo biológico; la transformación del N molecular (N_2) atmosférico en N utilizable por las plantas, se realiza principalmente según dos procesos:

1. El N puede oxidarse por acción de las cargas eléctricas, formando óxidos, y estos compuestos a su vez son trasladados al suelo por

la lluvia y depositados en él como ácido nitroso (HNO_2) o nítrico (HNO_3).

2. Fijación biológica; es un conjunto de reacciones mediante el cual los organismos vivos integran el N moleculares sus estructuras como componente diversos compuestos. La fijación del N atmosférico puede llevarse a cabo por procariontas tanto aeróbicas o anaeróbicas, y no tienen lugar en los eucariotas; también puede realizarse este proceso a través de actividades de bacterias que realizan asociaciones simbióticas con las plantas como el *Rhizobium*.

a) Nitrógeno orgánico

El nitrógeno orgánico representa entre el 85 y 95% del N total del suelo, esta fracción está compuesta por 20-40% de aminoácidos, 5-10% de aminoazúcares y 1-2% de bases púricas y pirimidínicas; las restantes formas son difíciles de identificar e integran las moléculas de humus (Florescia *et al.*, 2019).

b) Nitrógeno inorgánico

Según Florescia *et al.* (2019) mencionan que el nitrógeno inorgánico es la fracción realmente disponible para las plantas y su contenido es generalmente menor al 10% del total; las raíces de las plantas toman el N desde el suelo principalmente como iones disueltos de nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+).

El NO_3^- es la principal forma absorción por las plantas, es muy móvil en el suelo, fácil de perderse por lavado (ausencia de mecanismos de adsorción o precipitación) y forma compuestos muy solubles. El NH_4^+ es absorbido especialmente por los microorganismos y por algunos vegetales. El NH_4^+ intercambiable no supera el 2% del N total (Florescia *et al.*, 2019).

En muy pequeñas cantidades y difíciles de detectar el N se encuentran en formas gaseosas como óxido nitroso (N_2O), óxido nítrico (NO),

dióxido de N (NO_2), Amoniaco (NH_3) y N molecular en la atmosfera del suelo (N_2).

2.2.3.2. Fósforo en el suelo

El fósforo está en el suelo en estado sólido o en la solución que rodea a las partículas (solución del suelo); el contenido de fósforo es variable y depende del material original, grado de alteración y de las posibilidades de lavado que tenga el suelo (Andrades *et al.*, 2015).

Cuadro 06: Parámetros para interpretar análisis de P.

Niveles de P (Olsen), al suelo, en ppm	Interpretación
<12	Bajo
12-24	Medio
24-36	Óptimo
36-80	Alto
>80	Muy alto

Fuente: Villar, mencionado por Agroptima.

a) Fosforo en solución

El P en la solución del suelo se presenta bajo formas iónicas derivadas del ácido fosfórico. Dependiendo del pH de la solución es la forma que predomina, en medio ácido la forma más encontrada es HPO_4^- y en pH superiores a 7,2 es HPO_4^{2-} . El H_2PO_4^- generalmente es absorbido con mayor facilidad por las plantas (Bracco y Hernández, 2018).

b) Fósforo orgánico

Del P total de los suelos, el 50% se le atribuye al P orgánico, aunque puede variar entre 18 y 80% (Bracco y Hernández, 2018). La principal fuente está constituida por residuos vegetales y animales que se adicionan al suelo, los compuestos fosfatados más importantes de la materia orgánica son nucleoproteínas, fosfolípidos y fosfoazúcares (Sanzano, 2010).

Dentro del P orgánico es posible tres fracciones, según Bracco y Hernández (2018):

- Humus del suelo
- Restos frescos de cultivos no humificados y excreciones de origen animal.
- Biomasa microbiana del suelo.

c) Fosforo inorgánico

El fosforo inorgánico consiste primordialmente de fosfato de hierro y aluminio, y fosfatos ocluidos relativamente insolubles, en los cuales P se encuentra asociado con el hierro y aluminio; los fosfatos de calcio están presentes en muy pequeñas cantidades. Los fosfatos de hierro y aluminio comúnmente se encuentran en suelos ácidos, mientras que los fosfatos de calcio predominan en suelos calcáreos (Bracco y Hernández, 2018).

Según Sanzano (2010) indica que desde el punto de vista edafológico se clasifican de acuerdo a su disponibilidad mediata o inmediata para las plantas en:

Fosforo soluble: Son formas aprovechables para las plantas, es decir son fosfatos en la solución del suelo. su concentración es muy débil y fluctúa entre 0,2 y 0,5 mg/l, es decir de 200 a 400 g/ha en 30 cm de espesor, en suelos muy ricos la concentración puede llegar hasta 1 mg/l (1 ppm) y en suelos pobres a 0,1 mg/l. Las formas solubles del fosforo soluble son los fosfatos diácidos ($H_2PO_4^-$) y monoácidos (HPO_4^-).

Fósforo intercambiable: Llamado también fósforo lábil o adsorbido y su disponibilidad es más lenta que el P soluble, la adsorción de fosfatos como toda adsorción aniónica en el suelo, es un fenómeno que depende del pH. A pH ácidos aumentan las cargas positivas de los coloides de modo que aumenta la adsorción, estos iones forman parte del enjambre de iones que rodean a las partículas coloidales y están en constante movimiento.

Representan del 15 a 30% del fósforo inorgánico, es decir de 800 a 2500 kg de P_2O_5 /ha.

El p lábil puede estar adsorbido directamente por los bordes de las arcillas o por uniones que se usan al calcio como puente; también puede estar adsorbido por los óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio, poseen un poder e fijación mucho mayor que el de las arcillas.

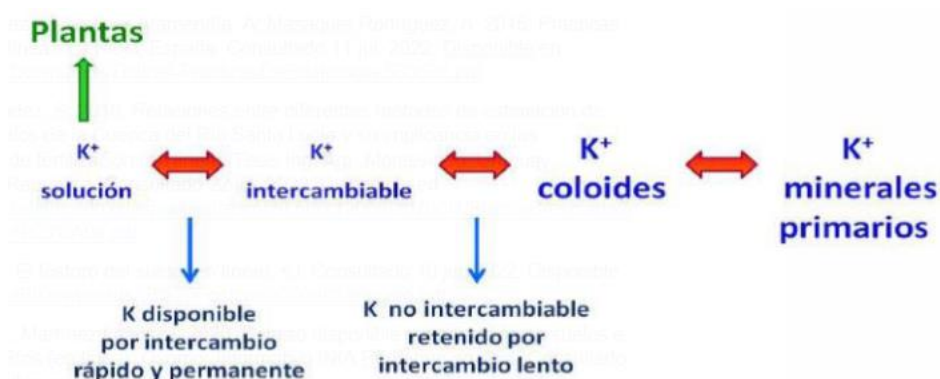
Fósforo insoluble: Es el que está formando parte de los minerales primarios y secundarios, y constituye la gran reserva de fosforo inorgánico en el suelo, la insolubilización se puede deber a la precipitación como fosfatos cálcicos en medio alcalino, o como fosfatos de hierro y aluminio en medio ácido. En suelos ácidos como alcalinos, el fosforo tiende a sufrir una serie de reacciones que producen compuestos fosforados de baja solubilidad.

El fosforo recientemente fijado puede ser débilmente soluble y de algún valor para las plantas, con el tiempo la solubilidad del fosforo fijado tiende a disminuir a niveles extremadamente bajos (envejecimiento del fósforo).

2.2.3.3. Potasio en el suelo

El 98% del potasio total se encuentra en formas no disponibles (K^+ retenido en los coloides del suelo como arcillas y materia orgánica + K^+ retenido en la estructura de minerales primarios) para las plantas que lentamente pasaran a formas disponibles a través del tiempo y depende de factores como la humedad y temperatura del suelo, capacidad buffer, etc. En cambio, las formas disponibles de potasio (K^+ en solución + K^+ intercambiable) para las plantas solo representan el 2% del potasio en el suelo (Vistoso y Martínez, 2020).

Figura 02. Disponibilidad de potasio en el suelo para plantas.



Fuente: Vistoso y Martínez, 2020.

Cuadro 07. Parámetros para interpretar análisis de K.

Niveles de K al suelo (ppm)	Interpretación
< 125	Bajo
125 – 175	Medio
175 – 250	Óptimo
250 – 350	Alto
> 350	Muy alto

Fuente: Villar, mencionado por Agroptima.

2.2.4. Dron

Es un objeto volador no tripulado, capaz de ser manejado a distancia o trazar su propia ruta mediante GPS (Reuter y Pedenovi, 2019). Los drones son aeronaves pequeñas que pueden controlarse con facilidad, desde un teléfono inteligente y son capaces de portar cámaras u otros dispositivos y sensores eléctricos, razón por la cual se usa en proyectos científicos y comerciales.

Gracias a los avances tecnológicos, su uso se ha extendido, por lo que cada vez es más accesible, ya que muchas personas pueden adquirir estos

dispositivos que hace algunas décadas tenían su uso reservado para los sectores de mayor capacidad económica.

2.2.4.1. Clasificación de Drones

Según Reuter y Pedenovi (2019) mencionan que se clasifican en:

Clasificación de los drones según su uso

Clasificación de los drones según su método de control

- **Modo manual.** El piloto remoto actúa sobre las superficies de control y la potencia del motor, a través de una emisora de radiocontrol.
- **Modo asistido.** El piloto remoto no actúa directamente sobre las superficies de control o los motores, sino que indica sus intenciones (girar a la derecha, subir, bajar, etc.) en su puesto de radio control y actúa un autopiloto que las transforma en actuaciones sobre las superficies de control o los motores que consigan ese propósito.
- **Modo automático.** El piloto automático establece un plan de vuelo, es decir, un cierto número de puntos de paso (“waypoints”) de forma previa al inicio del vuelo. El dron cuenta con un autopiloto que ejecuta el plan previsto, realizando de forma automática las acciones requeridas en cada momento.
- **Modo autónomo.** Generalmente es similar al modo automático, en cuanto se establece el modo de vuelo predeterminado, una vez iniciado el vuelo, el dron ejecuta el plan de forma totalmente autónoma, sin requerir la intervención del piloto.

Clasificación de los drones según su forma de sustentación

- **Drones de ala fija.** La estructura está formada por un fuselaje y unas alas fijas, los diseños suelen ser como un avión convencional. Este tipo de diseño estructural predominan en aeronaves de carácter militar.

- **Drones de ala móvil.** También denominados multicópteros o multirrotores (como un helicóptero), este tipo de aeronaves está formado por una serie de brazos que sostienen los motores y conforman la estructura del dron, albergando toda la electrónica y componentes.

Clasificación en función de la longitud de onda captada

- **Infrarroja o térmica.** Consiste en un dispositivo que, a partir de emisiones de infrarrojos medios del espectro electromagnético de los cuerpos detectados, forman imágenes visibles por el ojo humano, sus cámaras operan con una longitud de onda que varían de $3\mu\text{m}$ y $14\mu\text{m}$
- **Multiespectral e hiperespectral.** Cuentan con un dispositivo (cámaras multispectrales) que es capaz de generar imágenes con pocas longitudes de onda simultáneamente, las bandas pueden ser contiguas o no, dependiendo de los resultados que se desea obtener. Estas cámaras instaladas en un dron, al igual que las térmicas, son capaces de adquirir imágenes con una resolución de 1 a 5 cm/píxel.

2.2.4.2. Aplicaciones en la Agricultura

Agricultura de precisión

Es un concepto agronómico que consiste en el manejo diferenciado de los cultivos a partir del conocimiento de la variabilidad existente en una explotación de agrícola. La tecnología de los Drones, busca que las explotaciones agrícolas se gestionen dependiendo de las necesidades reales de cada zona de cultivo, es decir dar solución al problema allí donde se produce y con ello reducir los costos y tratamientos innecesarios, de esa manera optimizar los rendimientos, mejorando la rentabilidad de los cultivos y la disminución del impacto ambiental, ya que la aplicación de agroquímicos es dirigida y ajustada a los requerimientos reales del cultivo (Reuter y Pedenovi, 2019).

Los drones tienen como finalidad agilizar y ayudar en los diversos procesos, como la siembra, identificando terrenos fértiles y adecuados para los cultivos; en el desarrollo del cultivo, monitoreando las plantaciones identificando posibles riesgos y en la cosecha identificando la producción final (González *et al.*, 2015).

2.2.5. Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Es una integración organizada de hardware, software, datos geográficos y personal, diseñada para capturar, almacenar, manejar, analizar, modelar y representar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión (Chuchuca, 2014).

El uso del SIG en la actualidad es muy variado, se utilizan para la producción cartográfica, evaluaciones ambientales y de recursos naturales, estudio y evaluación de redes de servicio o transportes, sistemas de catastro, etc. En el caso de la agricultura, los SIG brindan posibilidad de obtener un mapa digital de campo y al mismo tiempo la interacción con el mismo, donde el ingeniero agrónomo podría determinar los puntos exactos para la realización de las extracciones de muestras de suelo para un posterior análisis (Ariel y Campanella s.f.).

2.2.5.1. Componentes de un SIG

Según Chuchuca (2014), indica que un SIG integra cinco componentes principales:

Equipos (Hardware). Es el computador donde opera el SIG. Los SIG se pueden ejecutar en una gran variedad de plataformas, variando desde servidores (computadora central) a computadoras desktop (escritorio) o laptop (portátil) que se utilizan en las configuraciones de red o desconectado.

Programas (Software). Proveen las funciones y las herramientas que se requieren para almacenar, analizar y desplegar información geográfica. Entre los componentes más importantes se encuentran:

- Herramientas para la entrada y manipulación de la información geográfica.
- Sistema de administración de base de datos.
- Herramientas que permitan búsquedas geográficas, análisis y visualización.

Datos. Los datos geográficos y tabulares relacionados pueden colectarse en la empresa, en campo o bien adquirirlos de quien implementa el sistema de información. El SIG integra datos los datos espaciales con otros recursos de datos y puede utilizar los administradores de base de datos (DBMS) más comunes para organizar, mantener y manipular los datos espaciales y toda la información geográfica.

Recurso humano. La tecnología SIG es limitada si no se cuenta con un personal adecuado que opere, desarrolle y administre el sistema para llevar a cabo los planes de desarrollo ala aplicarlos en los problemas del mundo real. Entre los usuarios de SIG se encuentran los especialistas técnicos, que diseñan y mantienen el sistema para aquellos que lo utilizan a diario en sus trabajos.

Metodología y procedimientos. Para que el SIG tenga éxito, se debe operar de acuerdo a un plan bien diseñado y estructurado.

2.2.5.2. Unidad cartográfica de suelos

Un mapa de suelos muestra la distribución de las diferentes clases de suelos y áreas misceláneas en el paisaje utilizando unidades cartográficas de suelos. Cada unidad cartográfica está representada en un mapa por una colección de delineaciones que tienen el mismo contenido semántico (la

misma definición y los mismos atributos, que varían dentro de un cierto intervalo) y una significación parecida (Chuchuca, 2014).

2.2.5.3. Zonificación

Según Chuchuca (2014) afirma que la zonificación agroecológica (ZAE), de acuerdo con los criterios de la FAO, define zonas en base a combinaciones de suelos, fisiografía y características climáticas. Los parámetros particulares usados, se centran en los requerimientos edáficos y edáficos de los cultivos y en los sistemas de manejo que desarrollan.

Cada zona tiene una combinación similar de limitaciones y potencialidades para el uso de tierras, de esa manera sirve como punto de referencia de las referencias de las recomendaciones diseñadas para mejorar la situación existente de uso de tierras ya sea incrementando la producción o limitando la degradación de los recursos.

2.3. Bases conceptuales

Suelo

Formación natural de la superficie terrestre, con estructura suelta y espesor variable, resultante de la transformación de la roca madre subyacente por la acción de distintos procesos físicos, químicos y biológicos, que han hecho apta para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Cueva, 2005).

Textura

Relativa proporción expresada en porcentaje en que se encuentra su constitución las fracciones mecánicas de diferentes tamaños que conforman el suelo (Cueva, 2005).

pH

Es una medida de acidez o alcalinidad de una solución e indica la concentración de los iones hidronio $[H_3O^+]$ que se encuentran presentes en determinadas sustancias (Asado, 2012).

Materia orgánica

Es la materia conformada por compuestos químicos que contiene átomos de carbono. La materia orgánica constituye, la capa más superficial

del suelo, compuesta por restos en descomposición de seres vivos, como plantas, animales y residuos que brindan diversos nutrientes a los organismos productores, como la vegetación (Etecé, 2021).

P-Olsen o P extractable

Son las formas de P extraídos por NaHCO_3 , que se encuentran asociados a la forma sólida en complejos con el Ca o con el Fe o Al y los fosfatos cálcicos más solubles (Horta, 2005)

K disponible

Es el K en solución de suelo y K intercambiable, que son de rápida disponibilidad para ser absorbidos por las raíces de las plantas y están en equilibrio con el K retenido en la fase sólida del suelo (Vistoso y Martínez, 2020).

Nan (Nitrógeno potencialmente mineralizable)

Es la máxima cantidad de N que puede ser liberado de un material orgánico después de su descomposición por acción de los microorganismos (Cerrato, mencionado por Figueroa *et al.*, 2012).

Porcentaje de mineralización

Es la interpretación de la tasa de mineralización de N (velocidad o grado de mineralización). Es el porcentaje de N que se mineraliza y que permite conocer cuando está siendo liberado de forma disponible en un periodo de tiempo determinado (Figueroa *et al.*, 2012).

Mapas de fertilidad

Son herramientas base que permiten la toma de decisiones, pero igualmente pueden anticipar diferencias entre suelos de distinta naturaleza y apoyar la evaluación del uso del suelo (Villareal, 2018).

Fertilidad de suelo

Aptitud que tiene el suelo para producir, depende de la cantidad de elementos nutritivos del suelo, como nitrógeno, fósforo, potasio, etc.; de sus propiedades físicas (suelos compactos, arcillosos, ligeros secos, arenosos, húmedos, superficiales, profundos, etc.) y de su riqueza en materia orgánica (Cueva, 2005).

2.4. Bases filosóficas

Pertenece a la corriente filosófica de la fenomenología, debido a que consiste en una investigación cualitativa, también porque las muestras de suelos serán analizadas e interpretadas. Asimismo, según la clasificación de la ciencia de Mario Bunge, la investigación se encuentra ubicada en la ciencia fáctica natural, la naturaleza del suelo, ya que son objetos reales que será materia de una reflexión filosófica respecto a la causa de las características físicas y químicas del suelo de Canchán para elaborar su respectivo mapa de fertilidad.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1. Ámbito

Se llevó a cabo en el Centro de Producción e Investigación de Canchán de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán que se encuentra en el distrito de Huánuco, perteneciente a la provincia de Huánuco de la región Huánuco. Ubicado a 2020 msnm, 10°29'00" latitud sur y a 76°30'00" longitud oeste. El Centro de Producción e Investigación de Canchán se encuentra en la zona de vida Estepa espinoso – Montano Bajo Tropical (ee-MBT), con temperatura máxima de 25°C, la mínima de 19°C y la media 22°C. La precipitación promedio anual es de 281.80 mm y la humedad relativa promedio anual es de 64,32 %.



Figura 03. Mapa de Canchán.

3.2. Población

Constituida por las 35 ha de suelos que pertenecen al Centro de Producción e Investigación de Canchán.

3.3. Muestra

Constituida por la totalidad de suelos de toda la población estratificado por el cultivo, se tomaron 95 puntos de muestra de suelo de 0 a 20 cm de profundidad, al azar de tal forma que represente a toda la parcela.

El tipo de muestreo fue probabilístico, en forma de Muestra Aleatorio Simple (MAS), porque cualquier suelo en el momento de la toma de muestra pudo ser parte de la muestra.

3.4. Nivel y tipo de estudio

Nivel de estudio: Explicativo

Explicativo, porque se explican los parámetros de fertilidad de los suelos de Canchan mediante la elaboración de mapas de fertilidad.

Tipo de estudio: Aplicada

Aplicada, porque reúne las condiciones metodológicas de la investigación aplicada, ya que generará conocimientos tecnológicos expresados en características físicas y químicas de los suelos de Canchan y expresados en mapas de fertilidad.

3.5. Diseño de investigación

Descriptivo, porque se buscó explicar la situación de fertilidad de los suelos de Canchán, describiendo sus características físicas y químicas y construyendo mapas de fertilidad.

3.6. Métodos, técnicas e instrumentos

Métodos

Metodología en campo

Se tomaron datos de los 95 puntos establecidos para la toma de muestras para luego realizar su respectivo mapeo de las 35 ha de Canchán.

Datos a registrados

a) Coordenadas (Longitud y Latitud)

Metodología en laboratorio

Se realizaron los respectivos análisis de suelos en el laboratorio de las 95 submuestras obtenidas de toda el área de Canchán.

Datos a Registrados

- a) Textura (Bouyoucos)
- b) pH (pH metro digital)
- c) Materia orgánica (Combustión húmeda, Walkey y Black, 1958)
- d) P-Olsen (P extractable)
- e) Nan (Nitrógeno potencialmente mineralizable)
- f) K disponible (Saturación con Acetato de Amonio 1N)
- g) % de mineralización ($\% \text{ Min. N} = \text{Nan}/\text{N total} \times 100$)

Técnica

a) Técnicas bibliográficas

Fichaje

Permitió recolectar información bibliográfica para elaborar la literatura citada, redactadas de acuerdo a las normas de redacción IICA – CATIE (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura – Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza).

Análisis de contenido

Se estudiaron y analizaron de manera objetiva y sistemática las fuentes de información bibliográfica para elaborar el sustento teórico redactados de acuerdo a las normas de redacción IICA – CATIE (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura – Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza).

b) Técnicas de campo

Observación

Permitió obtener información sobre las observaciones realizadas directamente en las parcelas.

Instrumentos

a) Instrumentos bibliográficos

Fichas

Permitió registrar la información producto del análisis del documento en estudio, estas fueron: de localización (bibliográficas, hemerográficas e internet) y de investigación (resumen, transcripción y comentario).

b) Instrumentos de campo

Libreta de campo

Se registraron todas las observaciones realizadas sobre la variable dependiente, también las labores en el campo y laboratorio desde el inicio de la ejecución hasta la finalización del trabajo de investigación.

3.7. Validación del instrumento

Para comprobar la validez de los instrumentos en los datos tomados, realicé los procedimientos y los cálculos de datos en dos oportunidades, en el que el promedio de los resultados es lo que informé en la presente tesis.

3.8. Procedimiento

Para cumplir el objetivo 1: Determinar las características físico-químicas de los suelos de Canchán (0-20 cm)

1. Se realizó el levantamiento topográfico de toda el Área de Canchán con un dron.
2. Se establecieron los puntos de muestreo en cada parcela en todo Canchán (35 ha).
3. Se tomaron muestras de cada parcela (0-20 cm).
4. Se secaron las muestras al aire, bajo sombra.
5. Se tamizó con malla de 2 mm.
6. Se envió a laboratorio para las físico-químicas en el suelo.

Determinación de MO por Combustión húmeda (Walkey y Black, 1958)

Oxidación:

Se pesó aproximadamente 1 g de suelo en Erlenmeyer de 250 ml. Se agregó 10 ml de solución de dicromato de potasio 1N. Seguidamente se agitó suavemente con movimientos circulares y bajo campana se adicionó 10 ml de ácido sulfúrico concentrado previamente medido con una probeta graduada. Luego se adicionó una cantidad conocida de dicromato de potasio 1N (en las muestras de color verde se adicionó hasta que tome una coloración parda) y se dejó reposar por 30 minutos. Después se trasvasó la solución a una fiola de 100 ml de capacidad, y se aforó con agua destilada (para mejor homogeneidad se volvió la mezcla al Erlenmeyer). Se tomó 20 ml de la solución homogenizada en un Erlenmeyer de 250 ml limpio, se añadió entre 5 a 6 gotas del indicador de difenilamina sulfúrica, luego se tituló junto a la luz con sulfato ferroso amoniacal 0,2 N hasta el viraje al color verde manzana y se anotó el gasto.

Blanco:

En una fiola de 100 ml se colocó 10 ml de dicromato de potasio 1N (se anotó), se aforó el volumen de la fiola con agua destilada y se homogenizó la solución, luego se tomó 20 ml de la solución homogenizada y se colocó en un Erlenmeyer de 250 ml. Se añadió 5 ml de ácido sulfúrico 1/3 previamente medido en una probeta. Se adicionó de 5 a 6 gotitas del indicador de difenilamina sulfúrica. Se tituló con sulfato ferroso amoniacal 0,2 N a la luz hasta el viraje de color verde manzana y se anotó el gasto.

Calculos:

$$C(\%) = \frac{(B \text{ ml} - M \text{ ml}) \times 0,5 \text{ meq ml}^{-1} \times 0,003 \text{ gC meq C}^{-1} \times 1,3 \times 100}{\text{Peso de muestra seca (g)}}$$

Donde:

B es el gasto de sulfato ferroso para titular en blanco

M es el gasto de sulfato ferroso para titular la Muestra

0,003 es el valor del peso en g de un meq de C

1,3 es un factor por el cual se debe multiplicar, porque este método no oxida la totalidad del carbono

0,5 es la normalidad del sulfato ferroso. Con la titulación de los blancos se puede controlar la normalidad de sulfato ferroso:

$$\text{Concentración de sulfato ferroso (N)} = \frac{5 \text{ ml K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \times 1\text{N}}{\text{Volumen gastado de FeSO}_4 \text{ (ml)}}$$

Determinación de K disponible (MÉTODO DE SATURACIÓN CON ACETATO DE AMONIO 1N)

Se pesó 5 g de suelo en un vaso de plástico, se añadió 25 ml de Acetato de amonio 1N, se agitó por espacio de 15 minutos. Luego se filtró hasta obtener el extracto y se realizó diluciones de 1/100. Se tomó lectura en el espectrofotómetro.

Para cumplir el objetivo 2: Determinar la distribución de pH, Nitrógeno potencialmente Mineralizable y P-Olsen en suelos de Canchán mediante la confección de mapas.

1. Con la ayuda de un dron se tomaron las coordenadas de todas las parcelas de Canchán para proceder con el mapeo, se establecieron los puntos de muestreo anotando las coordenadas de cada punto tomado.
2. Se analizó el pH con el pH metro digital.
3. Para determinar Nan (Nitrógeno potencialmente mineralizable): se incubaron 5 g de suelo más 12,5 ml de agua destilada cerrados herméticamente en tubos de 150 por 16 mm a 40°C por 7 días. Luego se transfirieron los contenidos a fiolas junto con 12,5 ml de solución de KCl 4M (Keeney & Bremner, 1966), se agitó por 30 minutos para luego ser filtrados. En seguida, mediante una medición calorimétrica se cuantificó el contenido de N-NH₄⁺ liberado (Nan) (Beethgen & Alley, 1989).

4. Para determinar P-Olsen: Se preparó la curva patrón con 9 envases. En la muestra de suelo, se ha medido el P-Olsen, primero pesando 2 g de suelo, para luego añadir 20 ml de bicarbonato de sodio 0,5M pH 8,5 y una cucharadita de carbón lavado Derco-60. Luego se agitó por 30 minutos en un agitador eléctrico, se filtró el contenido en vasos. Luego se prepararon tubos de ensayo con 3 ml de alícuota con Molibdato II y se realizaron las lecturas en el espectrofotómetro.
5. Una vez que se obtenido los datos de pH, P-Olsen y Nan de todas las parcelas se procedió a mapear.

Para cumplir el objetivo 3: Determinar el % de mineralización de Nitrógeno de los suelos de Canchán

1. Con los datos obtenidos en el Objetivo 1 y del Objetivo 2. Se estimó en Nitrógeno mineralizable en cada parcela, del cociente de la concentración de Nan sobre N total estimado de la capa de 0-20 cm y multiplicado por 100. Se buscó explicar la variabilidad de los % de mineralización de N de los suelos de acuerdo a sus historias agrícolas y manejos durante los años de cultivos.

3.9. Consideraciones éticas

Benevolencia

No presentaron impactos negativos en el ambiente, tampoco afectaron a personas ni animales. La investigación contribuyó con las características físicas y químicas del suelo y confección de mapas de fertilidad de suelos.

Autonomía

En la ejecución de la investigación, el financiamiento fue por la Convocatoria de Proyectos Especiales para Grupos de Investigación: Fortalecimiento de los Centros de Producción de la UNHEVAL 2022. Respecto al espacio donde se ejecutó, se solicitó un permiso por el tiempo de duración de la investigación, respetando la decisión del encargado del Centro de Producción e Investigación de Canchán y del laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNHEVAL. La evaluación y trabajo en campo y laboratorio fue ejecutado por el investigador con la orientación del asesor y coasesor.

Justicia

El desarrollo de la investigación fue de manera correcta, en la que se no se alteraron ni falsearon los datos, Por lo cual se obtuvieron resultados reales de manera que se pueda generar conocimientos tecnológicos, que ayuden a solucionar problemas.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1. Características físico-químicas de los suelos de Canchan

4.1.1. Características físicas

En el presente cuadro se muestran las clases texturales de los suelos de Canchán con sus respectivas coordenadas, como también con sus porcentajes de arena, limo y arcilla (Cuadro 06). Estos resultados se obtuvieron del muestreo de las 35 ha de la Estación Experimental de Canchan de 0 a 20 cm de la capa arable del suelo (95 puntos de muestreados), donde la clase textural predominante son Franco arcillo arenoso y Franco. (Figura 03).

Cuadro 08. Clasificación textural de los suelos de Canchán.

DATOS		Arena	Arcilla	Limo	TEXTURA
Referencia	Coordenadas	%	%	%	
P1	18L 0356271 - 8903036	51	30	19	Franco Arcillo Arenoso
P2	18L 0356284 - 8903047	51	30	19	Franco Arcillo Arenoso
P3	18L 0356294 - 8903052	49	30	21	Franco Arcillo Arenoso
P4	18L 0356285 - 8903061	47	30	23	Franco Arcillo Arenoso
P5	18L 0356280 - 8903053	51	30	19	Franco Arcillo Arenoso
P6	18L 0356263 - 8903054	46	30	24	Franco Arcillo Arenoso
P7	18L 0356242 - 8903055	47	32	21	Franco Arcillo Arenoso
P8	18L 0356252 - 8903046	47	32	21	Franco Arcillo Arenoso
P9	18L 0356264 - 8903045	49	30	21	Franco Arcillo Arenoso
P10	18L 0356248 - 8903032	47	30	23	Franco Arcillo Arenoso
P11	18L 0356258 - 8903032	51	30	19	Franco Arcillo Arenoso
P12	18L 0356252 - 8903021	51	28	21	Franco Arcillo Arenoso
P13	18L 0356265 - 8903028	51	30	19	Franco Arcillo Arenoso
P14	18L 0356252 - 8903006	55	28	17	Franco Arcillo Arenoso
P15	18L 0356266 - 8902999	51	30	19	Franco Arcillo Arenoso
P16	18L 0356279 - 8903018	55	26	19	Franco Arcillo Arenoso

P17	18L 0356285 - 8903032	49	32	19	Franco Arcillo Arenoso
P18	18L 0356295 - 8903015	47	32	21	Franco Arcillo Arenoso
P19	18L 0356296 - 8903031	63	24	13	Franco Arcillo Arenoso
P20	18L 0356303 - 8903017	49	30	21	Franco Arcillo Arenoso
P21	18L 0356379 - 8902928	53	26	21	Franco Arcillo Arenoso
P22	18L 0356425 - 8902972	53	26	21	Franco Arcillo Arenoso
P23	18L 0356361 - 8902981	51	28	21	Franco Arcillo Arenoso
P24	18L 0356425 - 8903007	41	32	27	Franco Arcilloso
P25	18L 0356463 - 8902971	37	36	27	Franco Arcilloso
P26	18L 0356477 - 8902971	41	32	27	Franco Arcilloso
P27	18L 0356470 - 8902993	41	32	27	Franco Arcilloso
P28	18L 0356485 - 8903035	45	28	27	Franco Arcilloso
P29	18L 0356512 - 8902983	43	32	25	Franco Arcilloso
P30	18L 0356541 - 8902942	45	28	27	Franco Arcilloso
P31	18L 0356601 - 8903016	43	30	27	Franco Arcilloso
P32	18L 0356723 - 8902936	45	28	27	Franco Arcilloso
P33	18L 0356747 - 8903028	41	34	25	Franco Arcilloso
P34	18L 0356810 - 8902940	45	28	27	Franco Arcilloso
P35	18L 0356840 - 8903024	45	30	25	Franco Arcilloso
P36	18L 0356877 - 8902943	39	28	33	Franco Arcilloso
P37	18L 0356883 - 8903026	45	28	27	Franco Arcilloso
P38	18L 0356914 - 8902954	59	22	19	Franco Arcillo Arenoso
P39	18L 0356944 - 8903024	51	28	21	Franco Arcillo Arenoso
P40	18L 0356978 - 8902968	49	26	25	Franco Arcillo Arenoso
P41	18L 0356761 - 8902858	55	22	23	Franco Arcillo Arenoso
P42	18L 0356855 - 8902830	53	22	25	Franco Arcillo Arenoso
P43	18L 0356889 - 8902884	47	20	33	Franco
P44	18L 0356892 - 8902838	51	20	29	Franco
P45	18L 0356985 - 8902888	49	20	31	Franco
P46	18L 0356342 - 8902915	39	26	35	Franco
P47	18L 0356298 - 8902926	51	24	25	Franco Arcillo Arenoso
P48	18L 0356264 - 8902962	47	28	25	Franco Arcillo Arenoso
P49	18L 0356264 - 8902928	59	22	19	Franco Arcillo Arenoso
P50	18L 0356232 - 8902925	51	24	25	Franco Arcillo Arenoso
P51	18L 0356211 - 8902944	49	26	25	Franco Arcillo Arenoso
P52	18L 0356229 - 8902963	49	26	25	Franco Arcillo Arenoso
P53	18L 0356208 - 8903004	55	20	25	Franco Arenoso

P54	18L 0356225 - 8903021	67	14	19	Franco Arenoso
P55	18L 0356204 - 8903041	53	20	27	Franco Arenoso
P56	18L 0356175 - 8902921	53	20	27	Franco Arenoso
P57	18L 0356157 - 8902970	67	18	15	Franco Arenoso
P58	18L 0356140 - 8903028	69	16	15	Franco Arenoso
P59	18L 0356130 - 8902976	65	18	17	Franco Arenoso
P60	18L 0356115 - 8902933	53	20	27	Franco Arenoso
P61	18L 0356106 - 8902972	65	18	17	Franco Arenoso
P62	18L 0356098 - 8903022	67	16	17	Franco Arenoso
P63	18L 0356076 - 8902975	61	20	19	Franco Arenoso
P64	18L 0356059 - 8902944	41	24	35	Franco
P65	18L 0356046 - 8903013	39	26	35	Franco
P66	18L 0356004 - 8902994	31	26	43	Franco
P67	18L 0355991 - 8903042	39	26	35	Franco
P68	18L 0355965 - 8903092	39	26	35	Franco
P69	18L 0355945 - 8903062	41	24	35	Franco
P70	18L 0355934 - 8903003	33	26	41	Franco
P71	18L 0355922 - 8903044	39	22	39	Franco
P72	18L 0355915 - 8903095	39	26	35	Franco
P73	18L 0355899 - 8903057	35	26	39	Franco
P74	18L 0355891 - 8903018	35	26	39	Franco
P75	18L 0355882 - 8903048	35	26	39	Franco
P76	18L 0355869 - 8903096	39	26	35	Franco
P77	18L 0355854 - 8903063	37	26	37	Franco
P78	18L 0355843 - 8903023	39	24	37	Franco
P79	18L 0355815 - 8903070	35	26	39	Franco
P80	18L 0355786 - 8903119	45	24	31	Franco
P81	18L 0355775 - 8903016	39	22	39	Franco
P82	18L 0355735 - 8903071	45	26	29	Franco
P83	18L 0355664 - 8903198	51	22	27	Franco
P84	18L 0355628 - 8903117	49	24	27	Franco
P85	18L 0355649 - 8903033	51	22	27	Franco
P86	18L 0355481 - 8903046	51	22	27	Franco
P87	18L 0355442 - 8903087	43	26	31	Franco
P88	18L 0355400 - 8903145	51	22	27	Franco
P89	18L 0355389 - 8903086	43	26	31	Franco
P90	18L 0355369 - 8903018	59	20	21	Franco Arenoso
P91	18L 0355343 - 8903051	45	24	31	Franco
P92	18L 0355309 - 8903093	53	20	27	Franco Arenoso
P93	18L 0355297 - 8903055	47	24	29	Franco
P94	18L 0355310 - 8902990	59	20	21	Franco Arenoso
P95	18L 0355267 - 8903025	47	26	27	Franco

4.1.2. Características químicas

Dentro de las características químicas que se analizaron en laboratorio tenemos el pH, materia orgánica, P extractable y K disponible; cada característica se encuentra con sus respectivas interpretaciones. Respecto al pH se ubicaron rangos entre neutro y ligeramente alcalinos, predominando los moderadamente alcalinos, en Materia Orgánica resultaron predominantes los medianamente pobres, asimismo el P y K predominan mayormente entre óptimo y medio respectivamente.

Cuadro 09. Características químicas de los suelos de Canchán.

DATOS		CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS						
Referencia	pH	Rango	MO (%)	CLASE	P disponible (ppm)	Interpretación	K disponible (ppm)	Interpretación
P1	7.13	Neutro	2.38	Mediano	28.36	Óptimo	92.61	Bajo
P2	7.01	Neutro	2.38	Mediano	32.52	Óptimo	101.41	Bajo
P3	7.04	Neutro	4.09	Rico	26.04	Óptimo	273.73	Alto
P4	7.06	Neutro	2.71	Medianamente rico	37.39	Alto	329.06	Alto
P5	7.09	Neutro	2.38	Mediano	31.29	Óptimo	267.53	Alto
P6	7.25	Neutro	2.27	Mediano	35.53	Óptimo	259.44	Alto
P7	7.06	Neutro	4.70	Extremadamente rico	25.19	Óptimo	194.86	Óptimo
P8	7.39	Neutro	1.16	Pobre	15.78	Medio	187.52	Óptimo
P9	7.13	Neutro	1.93	Mediano	32.83	Óptimo	316.36	Alto
P10	7.25	Neutro	1.27	Medianamente pobre	22.65	Medio	293.22	Alto
P11	7.09	Neutro	2.54	Medianamente rico	28.43	Óptimo	311.31	Alto
P12	7.44	Levemente alcalino	2.16	Mediano	19.79	Medio	345.75	Alto
P13	7.23	Neutro	2.38	Mediano	27.35	Óptimo	323.61	Alto
P14	7.40	Levemente alcalino	4.37	Extremadamente rico	26.97	Óptimo	124.35	Bajo
P15	7.53	Levemente alcalino	2.16	Mediano	16.86	Medio	124.15	Bajo

P16	7.01	Neutro	2.27	Mediano	32.83	Óptimo	114.50	Bajo
P17	7.28	Neutro	3.26	Rico	31.98	Óptimo	196.26	Óptimo
P18	7.04	Neutro	1.93	Mediano	34.14	Óptimo	145.99	Medio
P19	7.08	Neutro	2.27	Mediano	37.93	Alto	153.28	Medio
P20	6.92	Neutro	2.65	Medianamente rico	34.61	Óptimo	143.69	Medio
P21	7.12	Neutro	2.71	Medianamente rico	31.67	Óptimo	119.45	Bajo
P22	7.13	Neutro	1.44	Medianamente pobre	34.76	Óptimo	109.20	Bajo
P23	7.06	Neutro	1.71	Medianamente pobre	38.62	Alto	147.09	Medio
P24	7.48	Levemente alcalino	1.49	Medianamente pobre	27.28	Óptimo	129.44	Medio
P25	7.51	Levemente alcalino	1.49	Medianamente pobre	27.89	Óptimo	128.34	Medio
P26	7.76	Levemente alcalino	1.33	Medianamente pobre	35.22	Óptimo	142.74	Medio
P27	7.84	Levemente alcalino	1.71	Medianamente pobre	37.77	Alto	128.39	Medio
P28	7.17	Neutro	1.93	Mediano	25.35	Óptimo	112.70	Bajo
P29	7.81	Levemente alcalino	2.16	Mediano	35.84	Óptimo	135.14	Medio
P30	8.02	Moderadamente alcalino	1.88	Mediano	32.76	Óptimo	137.84	Medio
P31	7.32	Neutro	1.88	Mediano	35.84	Óptimo	171.17	Medio
P32	8.25	Moderadamente alcalino	1.44	Medianamente pobre	16.55	Medio	155.93	Medio
P33	7.44	Levemente alcalino	2.16	Mediano	31.52	Óptimo	153.98	Medio

P34	8.14	Moderadamente alcalino	1.33	Medianamente pobre	22.57	Medio	189.32	Óptimo
P35	7.26	Neutro	1.71	Medianamente pobre	33.53	Óptimo	176.47	Óptimo
P36	8.31	Moderadamente alcalino	1.27	Medianamente pobre	14.31	Medio	151.83	Medio
P37	7.27	Neutro	1.33	Medianamente pobre	32.68	Óptimo	268.83	Alto
P38	8.37	Moderadamente alcalino	1.22	Medianamente pobre	16.78	Medio	121.40	Bajo
P39	7.21	Neutro	1.60	Medianamente pobre	33.30	Óptimo	165.38	Medio
P40	8.13	Moderadamente alcalino	1.77	Medianamente pobre	32.37	Óptimo	129.39	Medio
P41	8.48	Moderadamente alcalino	1.11	Pobre	12.23	Medio	106.85	Bajo
P42	8.37	Moderadamente alcalino	1.55	Medianamente pobre	24.34	Óptimo	263.13	Alto
P43	8.25	Moderadamente alcalino	1.27	Medianamente pobre	10.76	Bajo	118.00	Bajo
P44	8.17	Moderadamente alcalino	0.89	Pobre	38.77	Alto	227.00	Óptimo
P45	8.23	Moderadamente alcalino	1.82	Mediano	16.94	Medio	235.40	Óptimo
P46	8.18	Moderadamente alcalino	1.22	Medianamente pobre	29.28	Óptimo	157.38	Medio
P47	7.16	Neutro	2.21	Mediano	16.09	Medio	120.80	Bajo
P48	6.65	Neutro	0.93	Pobre	27.97	Óptimo	246.89	Óptimo
P49	7.10	Neutro	2.61	Medianamente rico	17.17	Medio	208.11	Óptimo

P50	7.04	Neutro	0.93	Pobre	15.55	Medio	135.59	Medio
P51	6.90	Neutro	1.00	Pobre	12.54	Medio	100.21	Bajo
P52	6.80	Neutro	1.24	Medianamente pobre	10.99	Bajo	111.20	Bajo
P53	6.84	Neutro	0.84	Pobre	13.15	Medio	129.24	Medio
P54	7.27	Neutro	1.18	Pobre	22.03	Medio	212.31	Óptimo
P55	7.20	Neutro	2.49	Medianamente rico	8.99	Bajo	98.26	Bajo
P56	8.33	Moderadamente alcalino	0.87	Pobre	16.94	Medio	105.95	Bajo
P57	7.06	Neutro	0.75	Pobre	37.08	Alto	108.30	Bajo
P58	7.70	Levemente alcalino	1.55	Medianamente pobre	20.56	Medio	61.72	Bajo
P59	7.52	Levemente alcalino	1.43	Medianamente pobre	33.30	Óptimo	169.73	Medio
P60	6.45	Ligeramente ácido	1.68	Medianamente pobre	38.39	Alto	248.79	Óptimo
P61	7.36	Neutro	1.43	Medianamente pobre	35.15	Óptimo	142.14	Medio
P62	7.06	Neutro	1.55	Medianamente pobre	28.13	Óptimo	76.62	Bajo
P63	7.39	Neutro	1.62	Medianamente pobre	32.76	Óptimo	216.11	Óptimo
P64	8.20	Moderadamente alcalino	1.68	Medianamente pobre	36.85	Alto	269.48	Alto
P65	8.10	Moderadamente alcalino	1.17	Pobre	36.23	Alto	238.65	Óptimo
P66	8.40	Moderadamente alcalino	2.49	Medianamente rico	23.96	Medio	155.53	Medio

P67	8.36	Moderadamente alcalino	3.61	Rico	21.18	Medio	157.63	Medio
P68	8.00	Moderadamente alcalino	2.36	Medianamente rico	34.76	Óptimo	141.54	Medio
P69	8.44	Moderadamente alcalino	1.49	Medianamente pobre	16.16	Medio	124.90	Bajo
P70	8.17	Moderadamente alcalino	1.24	Medianamente pobre	18.56	Medio	138.34	Medio
P71	8.18	Moderadamente alcalino	2.43	Medianamente rico	20.10	Medio	154.48	Medio
P72	8.19	Moderadamente alcalino	1.24	Medianamente pobre	28.51	Óptimo	129.44	Medio
P73	8.34	Moderadamente alcalino	2.30	Mediano	30.98	Óptimo	182.82	Óptimo
P74	8.63	Fuertemente alcalino	1.80	Medianamente pobre	14.93	Medio	109.55	Bajo
P75	8.33	Moderadamente alcalino	2.18	Mediano	21.26	Medio	138.19	Medio
P76	7.79	Levemente alcalino	1.62	Medianamente pobre	37.46	Alto	172.42	Medio
P77	8.26	Moderadamente alcalino	1.62	Medianamente pobre	24.34	Óptimo	111.40	Bajo
P78	8.23	Moderadamente alcalino	2.30	Mediano	13.69	Medio	119.30	Bajo
P79	8.31	Moderadamente alcalino	1.80	Medianamente pobre	19.79	Medio	168.68	Medio
P80	8.18	Moderadamente alcalino	1.68	Medianamente pobre	25.50	Óptimo	125.44	Medio
P81	8.12	Moderadamente alcalino	1.55	Medianamente pobre	15.39	Medio	142.84	Medio

P82	7.44	Levemente alcalino	1.80	Medianamente pobre	33.14	Óptimo	135.69	Medio
P83	7.53	Levemente alcalino	1.68	Medianamente pobre	36.07	Alto	134.09	Medio
P84	6.97	Neutro	1.43	Medianamente pobre	36.00	Óptimo	169.93	Medio
P85	7.95	Moderadamente alcalino	1.87	Mediano	16.63	Medio	113.90	Bajo
P86	8.34	Moderadamente alcalino	1.93	Mediano	20.25	Medio	129.64	Medio
P87	8.22	Moderadamente alcalino	1.49	Medianamente pobre	32.37	Óptimo	231.85	Óptimo
P88	7.43	Levemente alcalino	1.06	Pobre	38.39	Alto	126.29	Medio
P89	7.74	Levemente alcalino	1.55	Medianamente pobre	32.83	Óptimo	178.37	Óptimo
P90	8.35	Moderadamente alcalino	1.74	Medianamente pobre	28.51	Óptimo	208.41	Óptimo
P91	7.79	Levemente alcalino	3.17	Rico	15.16	Medio	93.71	Bajo
P92	8.34	Moderadamente alcalino	1.93	Mediano	31.98	Óptimo	137.39	Medio
P93	7.68	Neutro	2.30	Mediano	33.45	Óptimo	130.34	Medio
P94	8.59	Fuertemente alcalino	2.86	Medianamente rico	23.34	Medio	108.05	Bajo
P95	7.68	Neutro	2.11	Mediano	36.30	Alto	78.37	Bajo

4.2. Distribución de pH, Nitrógeno potencialmente mineralizable y P-Olsen en suelos de Canchán mediante la confección de mapas

El 59% de los suelos agrícolas de Canchán presentaron un pH moderadamente alcalino, el 26% fue de carácter ligeramente alcalino, tan solo el 15% de carácter neutro (Figura 04). Este mapa de la distribución de pH muestra que no existen problemas de acidez en estos suelos, más por el contrario tienden a presentar caracteres no esperables por el grupo de investigación, pese al historial agrícola de los mismos. Por otro lado, la Figura 05 muestra que 8,7 ha de suelos de Fósforo en un nivel medio y 25,75 ha presentaron un nivel óptimo de Fosforo disponible, lo cual muestra el potencial de los suelos para la producción vegetal, ya que este elemento es uno de los más importantes en la nutrición vegetal y el más limitante en muchos agrosistemas del mundo. Por su lado, Nan (Nitrógeno potencialmente mineralizable) de las 35 ha de suelos agrícolas de Canchán se encontraron en un nivel alto (Figura 06); es decir, estos suelos poseen gran potencial para ofrecer Nitrógeno disponible durante el ciclo productivo de los cultivos.

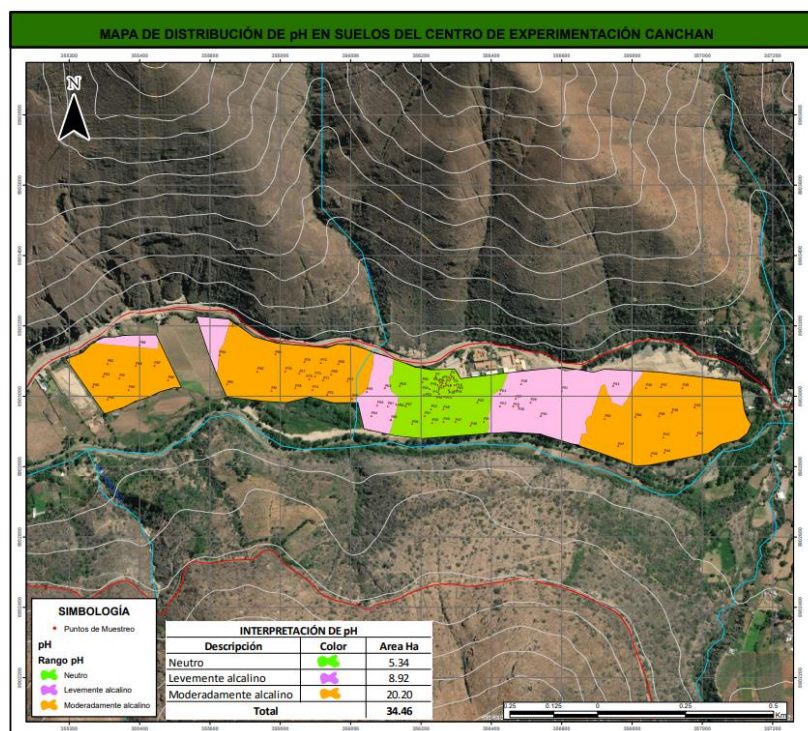


Figura 04. Mapa de pH de los suelos de Canchán.

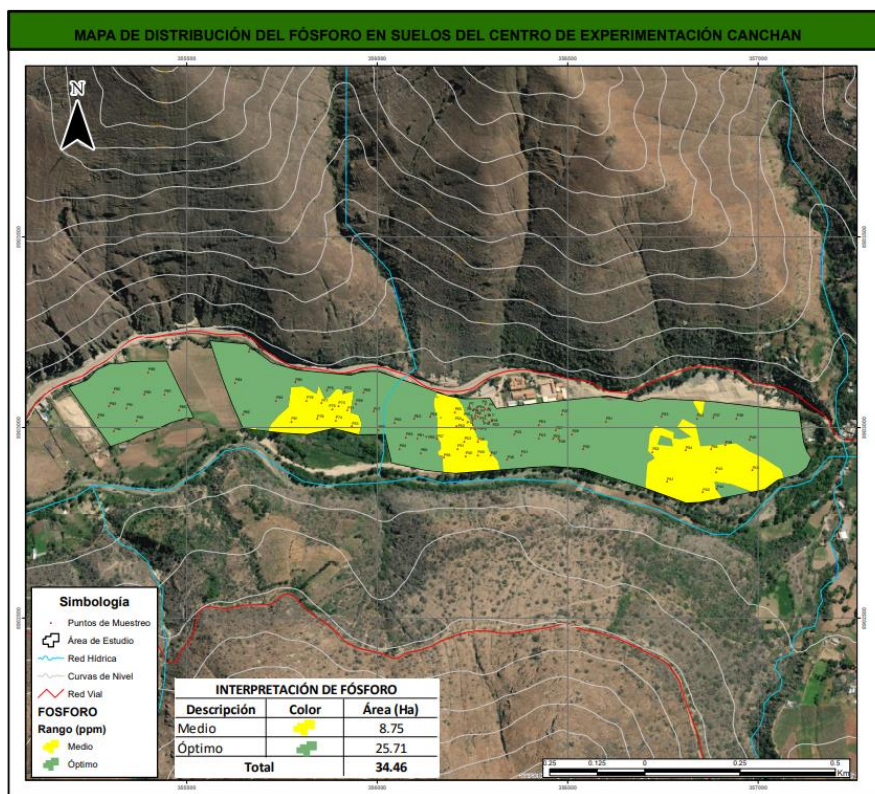


Figura 05. Mapa de P extractable de los suelos de Canchán.

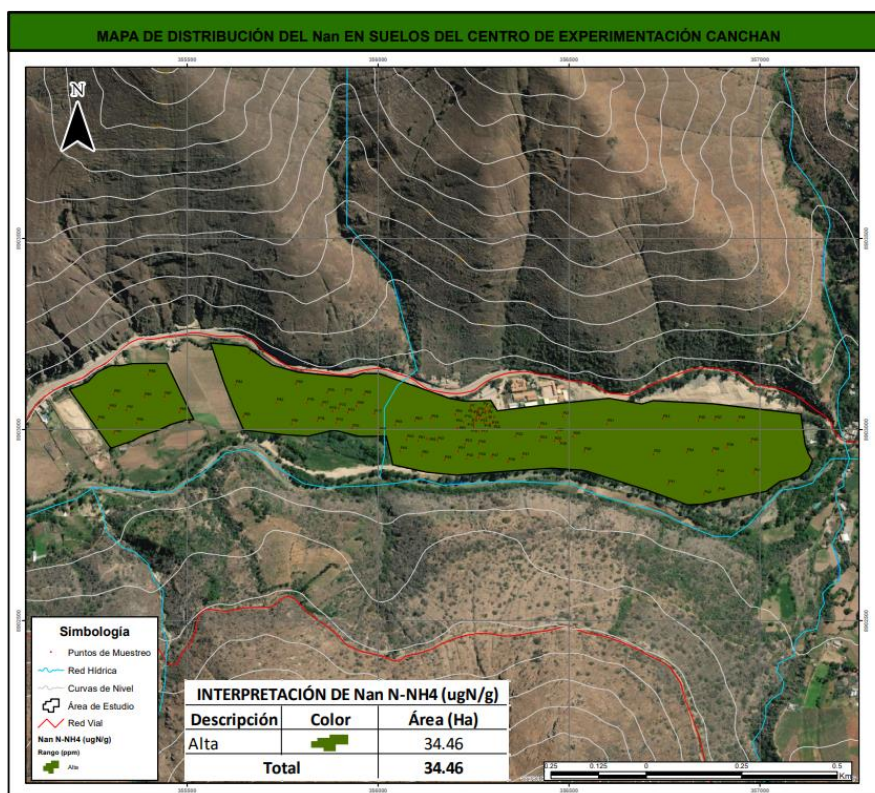


Figura 06. Mapa de Nan de los suelos de Canchán.

4.3. Porcentaje de mineralización de N

El porcentaje de mineralización de nitrógeno, se estimó convirtiendo su valor inicial (ppm) en porcentaje (%), lo cual fue el mismo valor que tomó el nitrógeno total, haciendo uso de la siguiente formula:

$$\% \text{ Min. N} = \frac{N_{an}}{N_{total}} \times 100$$

Los resultados observados respecto al porcentaje de mineralización de nitrógeno, indican que los suelos de Canchán tiene distintos potenciales para proveer Nitrógeno para los cultivos (Cuadro 08). Del Nitrógeno total, entre 2 y 35% fue Nitrógeno Potencialmente Mineralizable, es decir que esta fracción de N es la que se mineraliza a partir de la Materia Orgánica durante el ciclo vegetativo y reproductivo de los cultivos.

Cuadro 10. Porcentaje de mineralización de los suelos de Canchán.

DATOS		N total	Nan	Nan	% Min. N *
Referencia	Coordenadas	%	ppm	%	%
P1	18L 0356271 - 8903036	0.12	70.0435	0.0070	5.8370
P2	18L 0356284 - 8903047	0.12	60.6465	0.0061	5.0539
P3	18L 0356294 - 8903052	0.20	54.1156	0.0054	2.7058
P4	18L 0356285 - 8903061	0.14	90.3437	0.0090	6.4531
P5	18L 0356280 - 8903053	0.12	52.6541	0.0053	4.3878
P6	18L 0356263 - 8903054	0.11	63.6310	0.0064	5.7846
P7	18L 0356242 - 8903055	0.23	55.5332	0.0056	2.4145
P8	18L 0356252 - 8903046	0.06	45.8510	0.0046	7.6418
P9	18L 0356264 - 8903045	0.10	64.2519	0.0064	6.4252
P10	18L 0356248 - 8903032	0.06	60.6801	0.0061	10.1133
P11	18L 0356258 - 8903032	0.13	53.1792	0.0053	4.0907
P12	18L 0356252 - 8903021	0.11	57.7082	0.0058	5.2462
P13	18L 0356265 - 8903028	0.12	55.2864	0.0055	4.6072
P14	18L 0356252 - 8903006	0.22	52.1489	0.0052	2.3704
P15	18L 0356266 - 8902999	0.11	58.5859	0.0059	5.3260
P16	18L 0356279 - 8903018	0.11	56.1087	0.0056	5.1008
P17	18L 0356285 - 8903032	0.16	53.9555	0.0054	3.3722
P18	18L 0356295 - 8903015	0.10	60.7504	0.0061	6.0750
P19	18L 0356296 - 8903031	0.11	50.6485	0.0051	4.6044
P20	18L 0356303 - 8903017	0.13	61.8607	0.0062	4.7585
P21	18L 0356379 - 8902928	0.14	56.1232	0.0056	4.0088
P22	18L 0356425 - 8902972	0.07	60.0694	0.0060	8.5813
P23	18L 0356361 - 8902981	0.09	68.3830	0.0068	7.5981
P24	18L 0356425 - 8903007	0.07	70.4507	0.0070	10.0644
P25	18L 0356463 - 8902971	0.07	60.0373	0.0060	8.5768
P26	18L 0356477 - 8902971	0.07	66.9861	0.0067	9.5694

P27	18L 0356470 - 8902993	0.09	68.1241	0.0068	7.5693
P28	18L 0356485 - 8903035	0.10	61.4118	0.0061	6.1412
P29	18L 0356512 - 8902983	0.11	60.8940	0.0061	5.5358
P30	18L 0356541 - 8902942	0.09	69.5462	0.0070	7.7274
P31	18L 0356601 - 8903016	0.09	56.5677	0.0057	6.2853
P32	18L 0356723 - 8902936	0.07	51.6584	0.0052	7.3798
P33	18L 0356747 - 8903028	0.11	46.9641	0.0047	4.2695
P34	18L 0356810 - 8902940	0.07	62.5342	0.0063	8.9335
P35	18L 0356840 - 8903024	0.09	51.9389	0.0052	5.7710
P36	18L 0356877 - 8902943	0.06	49.9497	0.0050	8.3250
P37	18L 0356883 - 8903026	0.07	53.6435	0.0054	7.6634
P38	18L 0356914 - 8902954	0.06	51.9862	0.0052	8.6644
P39	18L 0356944 - 8903024	0.08	48.3727	0.0048	6.0466
P40	18L 0356978 - 8902968	0.09	56.0554	0.0056	6.2284
P41	18L 0356761 - 8902858	0.06	55.1314	0.0055	9.1886
P42	18L 0356855 - 8902830	0.08	73.1704	0.0073	9.1463
P43	18L 0356889 - 8902884	0.06	60.7952	0.0061	10.1325
P44	18L 03562892 - 8902838	0.04	71.3509	0.0071	17.8377
P45	18L 0356985 - 8902888	0.09	73.7155	0.0074	8.1906
P46	18L 0356342 - 8902915	0.06	62.4371	0.0062	10.4062
P47	18L 0356298 - 8902926	0.11	85.4331	0.0085	7.7666
P48	18L 0356264 - 8902962	0.05	177.8210	0.0178	35.5642
P49	18L 0356264 - 8902928	0.13	67.3531	0.0067	5.1810
P50	18L 0356232 - 8902925	0.05	71.0265	0.0071	14.2053
P51	18L 0356211 - 8902944	0.05	66.2586	0.0066	13.2517
P52	18L 0356229 - 8902963	0.06	53.8181	0.0054	8.9697
P53	18L 0356208 - 8903004	0.04	97.5594	0.0098	24.3899
P54	18L 0356225 - 8903021	0.06	101.3843	0.0101	16.8974
P55	18L 0356204 - 8903041	0.12	67.0862	0.0067	5.5905
P56	18L 0356175 - 8902921	0.04	54.5351	0.0055	13.6338
P57	18L 0356157 - 8902970	0.04	44.3974	0.0044	11.0993
P58	18L 0356140 - 8903028	0.08	39.6901	0.0040	4.9613
P59	18L 0356130 - 8902976	0.07	66.8451	0.0067	9.5493
P60	18L 0356115 - 8902933	0.08	53.0479	0.0053	6.6310
P61	18L 0356106 - 8902972	0.07	52.6075	0.0053	7.5154
P62	18L 0356098 - 8903022	0.08	44.6562	0.0045	5.5820
P63	18L 0356076 - 8902975	0.08	56.5407	0.0057	7.0676
P64	18L 0356059 - 8902944	0.08	67.1949	0.0067	8.3994
P65	18L 0356046 - 8903013	0.09	66.7407	0.0067	7.4156
P66	18L 0356004 - 8902994	0.12	61.3228	0.0061	5.1102
P67	18L 0355991 - 8903042	0.18	60.8006	0.0061	3.3778
P68	18L 0355965 - 8903092	0.12	67.2452	0.0067	5.6038
P69	18L 0355945 - 8903062	0.07	57.8431	0.0058	8.2633
P70	18L 0355934 - 8903003	0.06	57.1520	0.0057	9.5253
P71	18L 0355922 - 8903044	0.12	80.8302	0.0081	6.7358
P72	18L 0355915 - 8903095	0.06	51.1991	0.0051	8.5332
P73	18L 0355899 - 8903057	0.12	62.0958	0.0062	5.1746
P74	18L 0355891 - 8903018	0.09	49.8344	0.0050	5.5372

P75	18L 0355882 - 8903048	0.11	82.2966	0.0082	7.4815
P76	18L 0355869 - 8903096	0.08	53.0717	0.0053	6.6340
P77	18L 0355854 - 8903063	0.08	53.3981	0.0053	6.6748
P78	18L 0355843 - 8903023	0.12	43.3431	0.0043	3.6119
P79	18L 0355815 - 8903070	0.09	58.8610	0.0059	6.5401
P80	18L 0355786 - 8903119	0.08	53.6924	0.0054	6.7115
P81	18L 0355775 - 8903016	0.08	56.2419	0.0056	7.0302
P82	18L 0355735 - 8903071	0.09	63.5004	0.0064	7.0556
P83	18L 0355664 - 8903198	0.08	63.1557	0.0063	7.8945
P84	18L 0355628 - 8903117	0.07	54.3217	0.0054	7.7602
P85	18L 0355649 - 8903033	0.09	47.1398	0.0047	5.2378
P86	18L 0355481 - 8903046	0.10	52.7400	0.0053	5.2740
P87	18L 0355442 - 8903087	0.07	65.0530	0.0065	9.2933
P88	18L 0355400 - 8903145	0.05	52.9140	0.0053	10.5828
P89	18L 0355389 - 8903086	0.08	59.8205	0.0060	7.4776
P90	18L 0355369 - 8903018	0.09	56.3664	0.0056	6.2629
P91	18L 0355343 - 8903051	0.16	52.6633	0.0053	3.2915
P92	18L 0355309 - 8903093	0.10	58.1362	0.0058	5.8136
P93	18L 0355297 - 8903055	0.12	61.3444	0.0061	5.1120
P94	18L 0355310 - 8902990	0.14	56.7039	0.0057	4.0503
P95	18L 0355267 - 8903025	0.11	47.3737	0.0047	4.3067
* % Min. N = Nan/N total x 100					

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

Las clases texturales que existen en los suelos de Canchán son el Franco Arcillo Arenoso, Franco Arcilloso, Franco y Franco Arenoso. Según los resultados obtenidos las texturas que más predominan en los suelos de Canchán son los de textura Franca y Franco Arcillosos, como sabemos los suelos Francos son aquellas que poseen propiedades favorables como una buena fertilidad, una capacidad media de retener nutrientes y son de fácil laboreo. En el caso de un suelo Franco Arcilloso posee una fertilidad media, pero una alta capacidad de retener nutrientes y se requiere de un mayor esfuerzo en el laboreo del suelo.

En áreas de menor dimensión se encuentran las texturas Franco Arcillo Arenosos y Franco Arenosos, estos suelos son también favorables como es el caso del suelo Franco Arenoso lo cual permite una mejor aireación del suelo permitiendo a los cultivos una mejor respiración, como también evitan retener grandes cantidades de agua por su contenido de arena, esto evita que haya encharcamientos en las épocas de fuertes precipitaciones (Sánchez, mencionado por Chuchuca, 2014).

Respecto a los resultados de materia orgánica (MO) en mayor extensión se encuentran con un suelo medianamente pobre, comprendidos de 1,22 a 1,80% de MO, lo cual son suelos que necesitan incorporación de materia orgánica ya sean restos animales o vegetales, para mejorar sus propiedades físicas, químicas biológicas y nutricionales de los suelos, porque la materia orgánica es una fuente de nutrientes que por medio de la mineralización se liberan nitrógeno y fosforo en su forma inorgánica (Chuchuca, 2014). También se encuentran distribuidos suelos con materia orgánica pobre, medianamente pobre, medio, medianamente rico y en algunos puntos de muestreo que son pocos, suelos ricos y extremadamente ricos.

Los niveles de potasio disponible en los suelos de Canchán están distribuidas entre medio, óptimo y alto; y también existen puntos de muestreo con bajo K disponible, lo que necesitan incorporar materia orgánica para

elegir sus niveles de K. El potasio disponible se encuentra asociado a las arcillas y MO, un balance de ambos permite una concentración de K^+ constante en la solución del suelo (Chuchuca, 2014), esto concuerda con la textura franco arcillosa que predominan en los suelos de Canchán y también cabe mencionar a la textura franca, ya que posee un porcentaje de arcilla equilibrada. El pH del suelo en el cual el K se encuentra más disponible para las plantas deben ser mayores a 5,5 (Vistoso y Martínez, 2020).

Los mapas de fertilidad que se elaboraron fueron 3, mapa de pH, P extractable y Nan, cada una de ellas representan su distribución espacial, que son significativas para tener un mejor conocimiento del área productivo de Canchán.

Los resultados de pH en el suelo de Canchán varían entre neutro, levemente alcalino y moderadamente alcalino, teniendo un área de 5,34 ha con pH neutro lo cual es ideal para establecer un cultivo, ya que no presentarán problemas en el momento de su desarrollo; en los casos de los suelos levemente alcalino (8,92 ha) y moderadamente alcalino (20,2 ha), poseen una clase o tipo de suelo normal, dependerá de que cultivos se puedan adaptarse perfectamente en estos suelos. Los suelos con pH neutro son suelos que están con cultivos anuales y perenes (frutales). Los suelos levemente alcalinos y moderadamente alcalinos no se han establecido cultivos, permanecen en descanso, es debido a eso su pH.

Para mejorar el pH se puede realizar algunas prácticas agronómicas como la de usar enmiendas para corregir el suelo o también un abonamiento orgánico, aportando MO al suelo, de esta manera no solo corregir el pH sino también incorporar nutrientes para el aprovechamiento de las plantas (Asado 2012).

Los mapas elaborados de fósforo indican que existe una disponibilidad óptima para los cultivos pertenecientes a 25,71 ha, lo cual indican que no existen problemas con respecto a la concentración del P en el suelo. En estos suelos se puede ver la perdurabilidad del fósforo por muchos años debidos a sus características físicas y químicas que poseen. También influye mucho la

buena aireación como se menciona anteriormente gracias a su textura que garantiza el suministro de oxígeno, lo necesario para la descomposición de la materia orgánica como una fuente de fósforo.

Y también al clima y su temperatura que es templada en la región Huánuco, porque las altas o bajas temperaturas limitan la asimilación de este elemento. Un mejor aprovechamiento del P se obtiene manejando adecuadamente el pH, usando abonos orgánicos y un encalado para incrementar el nitrógeno y de esa manera lograr que el P sea disponible para los cultivos (Chuchuca, 2014).

No se encontró una diferencia significativa en toda el área de Canchán respecto a Nan, porque posee una cantidad homogéneamente alta, esto se debe a que los suelos por más no haya cultivos establecidos, quedaron rastros de los cultivos anteriores que permanecieron por mucho tiempo, los cuales se pudieron observar en campo (rastros de maíz), ya que al ser una leguminosa aporta gran cantidad de N al suelo.

Y como consecuencia de las altas concentraciones de nitrógeno potencialmente mineralizable, el porcentaje de mineralización de nitrógeno también es mayor. También influye el clima que es un factor determinante para la mineralización de N, siendo los mayores niveles de mineralización a mayor temperatura y con mayor precipitación (Vega et al., 2021).

La actividad microbiana también influye en el proceso de mineralización, debido a la temperatura ligeramente cálida los microorganismos son más activos, incrementando la mineralización de la materia orgánica (Vega et al., 2021).

CONCLUSIONES

1. Se pudo determinar las características físicas (Textura) y químicas (pH, MO, P-Olsen, K disponible, Nan y %Min de N) del suelo de Canchán, existen diferencias ligeramente significativas lo que permiten conocer mejor las propiedades de los suelos de Canchán, estos suelos presentan características físico-químicas favorables para el desarrollo de los cultivos si se manejan adecuadamente. En Canchán predominan los suelos de textura Franco y Franco Arcillosos, el pH predominante fue Moderadamente alcalino y respecto a MO fue Medianamente pobre. Los niveles predominantes de Nan, P extractable y K disponible fueron: Alto, Óptimo y Medio respectivamente.
2. Existe una distribución espacial de los parámetros de fertilidad gracias a la elaboración de mapas, mediante el Sistema de Información Geográfica (SIG), lo que permite conocer los espacios que requieren de un manejo adecuado según las características que poseen determinados puntos de muestreo, como son la corrección del pH mediante la incorporación de MO o utilizando enmiendas adecuadas para mejorar la fertilidad del suelo, asimismo incrementar las concentraciones de P y N a niveles óptimos para el desarrollo de los cultivos. El pH predominante en los suelos de Canchán fue Moderadamente alcalino (20,20 ha); el Nitrógeno potencialmente mineralizable de los suelos de canchan fueron Altas (34,46 ha), siendo el punto P48 (18L 0356264 - 8902962) con el contenido mayor de Nan (177.82 ppm) y con un nivel de P extractable Óptimo (25,71 ha) que varían entre 24 a 36 ppm.
3. Se logró estimar el porcentaje de mineralización de nitrógeno, lo cual fue homogéneamente alta por las condiciones climáticas favorables de Canchán, permitiendo a los microorganismos benéficos realizar sus funciones correctamente transformando la MO. El % Min. N más alto tuvo el punto P48 (18L 0356264 - 8902962) con 35,5642%.

RECOMENDACIONES

Considerando la importancia que tiene la investigación se recomienda a futuros tesisistas lo siguiente:

1. Realizar estudios mediante la elaboración de mapas de fertilidad, utilizando el Sistema de Información Geográfica (SIG), ya que es una herramienta muy útil al momento de levantar y procesar información, lo que permite visualizar las condiciones de un suelo mediante sus características físicas y químicas.
2. Realizar estudios en diversos sectores de Huánuco que permitan conocer la fertilidad del suelo, de esta manera poder planificar un mejor manejo del suelo.

También se recomienda a los agricultores de Canchán a:

1. Utilizar los datos obtenidos de la presente tesis (mapas de fertilidad) para realizar las respectivas labores agronómicas (corregir el pH mediante la incorporación de MO) en las áreas que corresponda.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- AGRI nova Science. s.f. La utopía del 5% de la materia orgánica (en línea). Andalucía, España. Consultado 14 jul. 2022. Disponible en: <https://agri-nova.com/noticias/la-utopia-del-5-de-la-materia-organica/>
- Agroptima. s.f. Análisis de suelos agrícolas: guía práctica (en línea). Barcelona España. Consultado 17 jul. 2022. Disponible en: <https://www.agroptima.com/es/blog/analisis-de-suelos-agricolas/>
- Andrades Rodríguez, M; Moliner Aramendía, A; Masaguer Rodríguez, A. 2015. Prácticas de edafología (en línea). La Rioja, España. Consultado 11 jul. 2022. Disponible en <file:///C:/Users/HP/Downloads/Dialnet-PracticasDeEdafologia-580696.pdf>
- Ariel Uva, M; Campanella, O. s.f. AP-SIG: un SIG con funciones específicas para la Agricultura de Precisión (en línea). Córdoba, Argentina. Consultado 12 nov. 2022. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/301040323.pdf>
- Asado Hurtado, AM. 2012. El suelo, soporte de vida: la ciencia del suelo. 1 ed. Huánuco, Perú. Universitaria. 419 p.
- Bracco, G; Hernández, S. 2018. Relaciones entre diferentes métodos de estimación de fósforo lábil en suelos de la Cuenca del Río Santa Lucía y su implicancia en las recomendaciones de fertilización (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Consultado 22 jul. 2022. Disponible en <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/20700/1/BraccoBrescianoGast%C3%B3nAndr%C3%A9s.pdf>

- Calderón Puig, AA; Lara Franquiz, DO; Cabrera Ramírez, A. 2012. Confección de mapas temáticos para evaluar la fertilidad del suelo en las áreas agrícolas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (en línea). Cultivos Tropicales. Consultado 16 jul. 2022. Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v33n1/ctr02112.pdf>
- Chuchuca Monserrate, NN. 2014. MAPIFICACIÓN DEL GRADO DE FERTILIDAD DE SUELOS, MEDIANTE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG), DEL CANTÓN LAS LAJAS PROVINCIA DE EL ORO (en línea). Tesis Ing. Agr. Machala, Ecuador. Universidad Técnica de Machala. Consultado 15 jul. 2022. Disponible en http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/902/7/CD287_TESIS.pdf
- Cueva Sevillano, A. 2005. Diccionario de términos agrícolas. Lima, Perú. 738 p.
- Duarte Hernández, PR; Montañó Avalos, CJ. 2020. Manual de procedimiento para elaboración de mapas de variabilidad de suelos y su aplicación en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras (en línea). Tesis Ing. Agr. Francisco Morazán, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. Consultado 15 jul. 2022. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/02595413-e862-4a55-bee6-4d305de89a6b/content>
- Etecé. 2021. Enciclopedia Concepto: Materia orgánica (en línea). Argentina. Consultado 19 jul. 2022. Disponible en <https://concepto.de/materia-organica/>
- FAO. 2009. Guía para la descripción de suelos (en línea). Roma. Consultado 11 jul. 2022. Disponible en <https://www.fao.org/3/a0541s/a0541s.pdf>
- Figuroa Barrera, Aydee; Álvarez Herrera, JG; Forero, AF; Salamanca, C; Pinzón, LP. 2012. Determinación del nitrógeno potencialmente mineralizable y la tasa de mineralización de nitrógeno en materiales

orgánicos (en línea). Tunja, Colombia. Consultado 17 jun. 2022. Disponible en: <file:///C:/Users/HP/Downloads/Dialnet-DeterminacionDelNitrogenoPotencialmenteMineralizab-4230882.pdf>

Florencia Benimeli, M; Placencia, A; Corbella, RD; Andina Guevara, D y otros. 2019. El nitrógeno del suelo (en línea). Tucumán, Argentina. Consultado 13 jul. 2022. Disponible en <file:///C:/Users/HP/Downloads/El%20nitrogeno%20del%20suelo%202019.pdf>

González, A; Amarillo, G; Amarillo, M; Sarmiento, F. 2015. Drones aplicados a la agricultura de precisión (en línea). Revista Especializada en Ingeniería 10:23-37. Consultado 16 sep. 2022. Disponible en: <file:///C:/Users/HP/Downloads/Administrador,+drones.pdf>

González Aguiar, D. 2018. Determinación de la materia orgánica del suelo mediante espectroscopia de reflectancia vis-NIR en áreas cultivadas con boniato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) (en línea). Tesis Mg. Santa Clara, Cuba. Universidad Central Marta Abreu de las Villas. Consultado 11 jul. 2022. Disponible en: https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/10790/Tesis_MSc._Diana_Glez_Aguiar_2018%5B1%5D.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Existen%20varios%20m%C3%A9todos%20para%20determinar,potasio%20y%20%C3%A1cido%20sulf%C3%BArico%20concentrado.

Horta Monteiro, MC. 2005. La disponibilidad de fosforo evaluada por el método de Olsen en suelos ácidos de Portugal: significado agronómico y ambiental (en línea). Tesis Dr. Córdoba, Argentina. Universidad de Córdoba. Consultado 17 jul. 2022. Disponible en: https://repositorio.ipcb.pt/bitstream/10400.11/156/1/Tese_doutoramento.pdf

Martínez, C. 2020. Modelado geoestadístico de fertilidad de un terreno agrícola mediante mapas de Kriging que interpolan los datos de

- análisis químico de suelos (en línea). Producción Agropecuaria y desarrollo sostenible. Consultado 15 jul. 2022. Disponible en <file:///C:/Users/HP/Downloads/13744.pdf>
- Reuter, F; Pedenovi, A. 2019. Los drones y sus aplicaciones a la ingeniería (en línea). Universidad Nacional de Santiago del Estero. Santiago del Estero, Argentina. Consultado 13 ago. 2022. Disponible en: https://fcf.unse.edu.ar/wp-content/uploads/2014/07/SD-43-Drones-y-su-aplicacion-a-la-ingenieria-REUTER_r.pdf
- Rodríguez Baquero, R; Lotero Cadavid, J. 1968. Características físicas y químicas de los suelos (en línea). Instituto Colombiano Agropecuario. Consultado 16 jul. 2022. Disponible en https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/23374/22499_3276.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sanzano, A. 2010. El fósforo del suelo (en línea). s.l. Consultado 10 jul. 2022. Disponible en <file:///C:/Users/HP/Downloads/El%20Fosforo%20del%20suelo.pdf>
- Vega Jara, L; Abad Castro, AJ; Herrera Veramendi, RE. 2021. Potencial de mineralización de Nitrógeno de suelos de Huánuco, Perú (en línea). Manglar 18(2):135-142. Consultado 2 nov. 2022. Disponible en <file:///C:/Users/HP/Downloads/1.%20Proyecto%20de%20Tesis/2/Potencial%20de%20mineralizacion%20de%20N%20de%20suelos%20de%20Hu%C3%A1nuco.pdf>
- Villareal, JE. 2018. Mapas de fertilidad como herramienta par zonificación de suelos en Panamá (en línea). Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica. Consultado 15 jul. 2022. Disponible en [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/A61B3C0937449BCC85258358005B5BCE/\\$FILE/Art%206.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/A61B3C0937449BCC85258358005B5BCE/$FILE/Art%206.pdf)

Vistosa Gacitúa, E; Martínez Lagos, J. 2020. Potasio disponible y fertilización en suelos e la Región de Los Ríos (en línea). Osorno: Informativo INIA Remehue no. 254. Consultado 9 jul. 2022. Disponible en <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/4037/NR42366.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vivas Enríquez, IE; Arceo, JM; García Pineda, M; Hernández Jaen, L; Miranda Velázquez, I; Ramos Rodríguez, A. 2014. Apuntes de Agronomía I: características físicas del suelo (en línea). Texcoco, México. Consultado 16 jul. 2022. Disponible en <http://prepa.chapingo.mx/wp-content/uploads/2019/01/ANTOLOGIA-III2.pdf>

ANEXOS

ANEXO 01. Matriz de consistencia.

FORMULACION DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES
¿Cuál será la distribución espacio-temporal de los parámetros de fertilidad de los suelos de Canchán, 2022?	Evaluar la distribución espacio-temporal de los parámetros de fertilidad de los suelos de Canchán.	Existe una distribución espacio-temporal deferencial de los parámetros de fertilidad de los suelos de Canchán.	V.I. a) Características físicas b) Características químicas	<ul style="list-style-type: none"> - Textura - pH - Materia orgánica - P extractable o P-Olsen - K disponible - Nan (Nitrógeno Potencialmente Mineralizable) - % de mineralización de N
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Sub variables	Sub indicadores
1) ¿Cuáles serán las características físico-químicas de los suelos de Canchán?	1) Determinar las características físico químicas de los suelos de Canchán (0-20 cm).	1) Las características físico-químicas de los suelos de Canchán son diferenciados.	a) Características físicas b) Características químicas	Textura pH Materia orgánica P extractable K disponible
2) ¿Cuál será la distribución del pH, Nitrógeno potencialmente mineralizable y P-Olsen en suelos de Canchán mediante la confección de mapas?	2) Determinar la distribución de pH, Nitrógeno potencialmente mineralizable y P-Olsen en suelos de Canchán mediante la confección de mapas.	2) Existe una distribución diferencial del pH, Nitrógeno potencialmente mineralizable y P-Olsen en suelos de Canchán mediante la confección de mapas.	a) pH b) Nitrógeno potencialmente mineralizable (Nan) c) P-Olsen d) Mapas de fertilidad	pH Nan P extractable
3) ¿Cuál será el % de mineralización de Nitrógeno de los suelos de Canchán?	3) Determinar el % de mineralización de Nitrógeno de los suelos de Canchán.	3) Existe un diferenciado % de mineralización de Nitrógeno de los suelos de Canchán.	a) % de mineralización de N	% Min. N = Nan/N total * 100

TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION	POBLACIÓN Y MUESTRA	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN
<p>Tipo de investigación Aplicada, porque se recurrirá a los conocimientos científicos pre establecidos en las ciencias agronómicas para generar conocimiento tecnológico expresado en características físicas y químicas de los suelos de Canchán y expresados en mapas de fertilidad.</p> <p>Nivel de investigación Explicativo, porque se explicarán los parámetros de fertilidad de los suelos de Canchán mediante la elaboración de mapas de fertilidad. Explicativo; basado en la afirmación de Hernández <i>et al</i> (2014) quienes afirman que los estudios explicativos están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos y que su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables.</p>	<p>Población La población estará constituida por las 35 ha de suelos que pertenecen al Centro de Producción e Investigación de Canchán.</p> <p>Muestra La muestra será la totalidad de suelos de toda la población estratificado por tipo de cultivo (26 ha). Dentro de cada estrato se tomarán 25 puntos de muestra de 0 a 20 cm de profundidad, al azar de tal forma que represente toda la parcela</p> <p>Tipo de muestreo Probabilístico, en forma de Muestra Aleatorio Simple (MAS), porque cualquier suelo al momento de la toma de muestra podrá ser parte de la muestra.</p>	<p>Tipo de diseño Descriptivo, porque se buscará explicar la situación de fertilidad de los suelos de Canchán, describiendo sus características físicas y químicas y construyendo mapas de fertilidad.</p>	<p>Técnicas bibliográficas a) Fichaje b) Análisis de contenido</p> <p>Técnicas de campo La observación</p>	<p>Instrumentos bibliográficos: Ficha de localización. Fichas de investigación a) Resumen. b) Transcripción. c) Comentario.</p> <p>Instrumento de campo Libreta de campo. Guías de observación. Fichas de registro.</p>

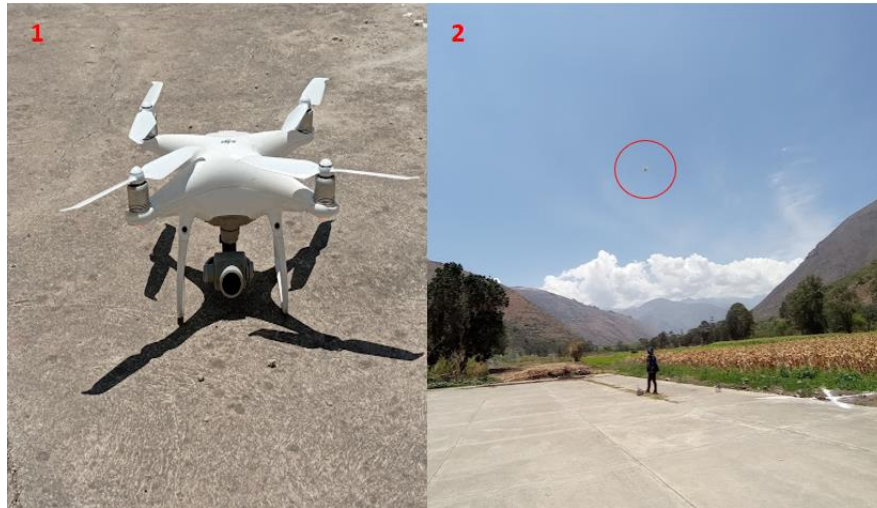


Figura 07. Dron topográfico (1), levantamiento topográfico (2).



Figura 08. Obtención de las coordenadas.



Figura 09. Muestreo de suelo.



Figura 10. Submuestra extraída del suelo de 0-20 cm de profundidad (1), submuestras de suelo secando bajo sombra (2).



Figura 11. Molienda y tamizado de las submuestras.



Figura 12. Submuestras enumeradas del 1 al 95.



Figura 13. Análisis de suelo en laboratorio.



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO

En la ciudad de Huánuco a los NUEVE días del mes de JUNIO del año 2023, siendo las 10.00 am. horas de acuerdo al Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán-Huánuco, y en virtud de la Resolución de Consejo Universitario N° 2939-2022-UNHEVAL, de fecha 12 de setiembre de 2022, se dispone que los decanos de las 14 facultades de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán de Huánuco programen, A PARTIR DE LA FECHA, la sustentación de tesis de manera presencial, los miembros integrantes del Jurado Calificador, nombrados mediante Resolución N° 290 - 2023 - UNHEVAL-FCA-D, de fecha 30/05/2023, para proceder con la evaluación de la sustentación de la tesis titulada:

DISTRIBUCIÓN ESPACIO TEMPORAL DE LOS PARÁMETROS DE FERTILIDAD DE LOS SUELOS DE CANCHAN, 2022.

presentada por el (la) Bachiller en Ingeniería Agronómica:

KEVIN JESÚS ALEJO ARTETA

Bajo el asesoramiento de:

DR. LILIANA VECA JARA

El Jurado Calificador está integrado por los siguientes docentes:

PRESIDENTE : Mg. ANA MERCEDES ASADO HURTADO
SECRETARIO : DR. WALTER VIZCARRA ARBIZU
VOCAL : DR. PEDRO DAVID CORDOVA TRUJILLO
ACCESITARIO 1 : Mg. EUCENIO FAUSTO PÉREZ TRUJILLO
ACCESITARIO 2 : _____

Finalizado el acto de sustentación, luego de la deliberación y verificación del calificativo por el Jurado, se obtuvo el siguiente resultado: APROBADO por UNANIMIDAD con el cuantitativo de Dieciseis (16), y cualitativo de BUENO quedando el sustentante APTO para que se le expida el TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRONOMO.

El acto de sustentación se dio por concluido, siendo las 11.30 am horas.

Huánuco, 09 de JUNIO de 2023

PRESIDENTE

SECRETARIO

VOCAL

- Deficiente (11, 12, 13) Desaprobado
- Bueno (14, 15, 16) Aprobado
- Muy Bueno (17, 18) Aprobado
- Excelente (19, 20) Aprobado



OBSERVACIONES:

Sin observaciones.

Huánuco, 09 de Julio de 2023.

 PRESIDENTE

 SECRETARIO

 VOCAL

LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES:

Huánuco, ____ de ____ de 20__

 PRESIDENTE

 SECRETARIO

 VOCAL

CONSTANCIA DE TURNITIN N° 091 - 2022- UNHEVAL- FCA

CONSTANCIA DEL PROGRAMA TURNITIN PARA BORRADOR DE TESIS

LA DIRECCIÓN DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN:

Hace constar que el Título:

DISTRIBUCIÓN ESPACIO TEMPORAL DE LOS PARÁMETROS DE FERTILIDAD DE LOS SUELOS DE CANCHÁN, 2022

Presentado por (el) (la) alumno (a) de la Facultad de Ciencias Agrarias,
Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica.

KEVIN JESÚS ALEJO ARTETA;

La misma que fue aplicado en el programa: “turnitin”

La TESIS; para Revisión.pdf; con Fecha: 20 de diciembre 2022

Resultado: **20 % de similitud general**, rango considerado: **Apto**, por disposición
de la Facultad.

Para lo cual firmo el presente para los fines correspondientes.

Atentamente.


UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILO VALDIZAN
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CONSTANCIA N°
Dr. Antonio S. Córnejo y Maldonado
DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN
DE LA F.C.A.

091

NOMBRE DEL TRABAJO

**DISTRIBUCIÓN ESPACIO TEMPORAL DE
LOS PARÁMETROS DE FERTILIDAD DE L
OS SUELOS DE CANCHÁN, 2022**

AUTOR

ALEJO ARTETA, KEVIN JESÚS

RECUENTO DE PALABRAS

14446 Words

RECUENTO DE CARACTERES

80697 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

73 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

10.6MB

FECHA DE ENTREGA

Dic 20, 2022 7:07 PM CST

FECHA DEL INFORME

Dic 20, 2022 7:07 PM CST

● **20% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base c

- 19% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 11% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossr

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)




Dr. Antonio S. Cornejo y Maldonado
Director de Investigación de la FCA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DIGITAL Y DECLARACIÓN JURADA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR UN GRADO ACADÉMICO O TÍTULO PROFESIONAL

1. Autorización de Publicación: (Marque con una "X")

Pregrado	<input checked="" type="checkbox"/>	Segunda Especialidad		Posgrado:	Maestría		Doctorado
Pregrado (tal y como está registrado en SUNEDU)							
Facultad	CIENCIAS AGRARIAS						
Escuela Profesional	INGENIERÍA AGRONÓMICA						
Carrera Profesional	INGENIERÍA AGRONÓMICA						
Grado que otorga	-----						
Título que otorga	INGENIERO AGRÓNOMO						
Segunda especialidad (tal y como está registrado en SUNEDU)							
Facultad	-----						
Nombre del programa	-----						
Título que Otorga	-----						
Posgrado (tal y como está registrado en SUNEDU)							
Nombre del Programa de estudio	-----						
Grado que otorga	-----						

2. Datos del Autor(es): (Ingrese todos los datos requeridos completos)

Apellidos y Nombres:	Alejo Arteta, Kevin Jesús						
Tipo de Documento:	DNI	<input checked="" type="checkbox"/>	Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular: 927310639
Nro. de Documento:	75237739				Correo Electrónico:	kevin.alejo@unheval.pe	
Apellidos y Nombres:							
Tipo de Documento:	DNI		Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:
Nro. de Documento:					Correo Electrónico:		
Apellidos y Nombres:							
Tipo de Documento:	DNI		Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:
Nro. de Documento:					Correo Electrónico:		

3. Datos del Asesor: (Ingrese todos los datos requeridos completos según DNI, no es necesario indicar el Grado Académico del Asesor)

¿El Trabajo de Investigación cuenta con un Asesor?: (marque con una "X" en el recuadro del costado, según corresponda)	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO				
Apellidos y Nombres:	Vega Jara, Liliana			ORCID ID:	https://orcid.org/0000-0002-9692-0105		
Tipo de Documento:	DNI	<input checked="" type="checkbox"/>	Pasaporte		C.E.		Nro. de documento: 42923464

4. Datos del Jurado calificador: (Ingrese solamente los Apellidos y Nombres completos según DNI, no es necesario indicar el Grado Académico del Jurado)

Presidente:	Asado Hurtado, Ana Mercedes
Secretario:	Vizcarra Arbizu, Walter
Vocal:	Córdova Trujillo, Pedro David
Vocal:	
Vocal:	
Accesario	Pérez Trujillo, Eugenio Fausto

5. Declaración Jurada: (Ingrese todos los datos requeridos completos)

a) Soy Autor (a) (es) del Trabajo de Investigación Titulado: (Ingrese el título tal y como está registrado en el Acta de Sustentación)
DISTRUBUCIÓN ESPACIO TEMPORAL DE LOS PARÁMETROS DE FERTILIDAD DE LOS SUELOS DE CANCHÁN, 2022
b) El Trabajo de Investigación fue sustentado para optar el Grado Académico ó Título Profesional de: (tal y como está registrado en SUNEDU)
TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO
c) El Trabajo de investigación no contiene plagio (ninguna frase completa o párrafo del documento corresponde a otro autor sin haber sido citado previamente), ni total ni parcial, para lo cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias.
d) El trabajo de investigación presentado no atenta contra derechos de terceros.
e) El trabajo de investigación no ha sido publicado, ni presentado anteriormente para obtener algún Grado Académico o Título profesional.
f) Los datos presentados en los resultados (tablas, gráficos, textos) no han sido falsificados, ni presentados sin citar la fuente.
g) Los archivos digitales que entrego contienen la versión final del documento sustentado y aprobado por el jurado.
h) Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a la Universidad Nacional Hermilio Valdizan (en adelante LA UNIVERSIDAD), cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del Trabajo de Investigación, así como por los derechos de la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y frente a terceros de cualquier daño que pudiera ocasionar a LA UNIVERSIDAD o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causas en la tesis presentada, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para LA UNIVERSIDAD en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del trabajo de investigación. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan.

6. Datos del Documento Digital a Publicar: (Ingrese todos los datos requeridos completos)



Ingrese solo el año en el que sustentó su Trabajo de Investigación: (Verifique la Información en el Acta de Sustentación)			2023					
Modalidad de obtención del Grado Académico o Título Profesional: (Marque con X según Ley Universitaria con la que inició sus estudios)	Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>	Tesis Formato Artículo	<input type="checkbox"/>	Tesis Formato Patente de Invención	<input type="checkbox"/>		
	Trabajo de Investigación	<input type="checkbox"/>	Trabajo de Suficiencia Profesional	<input type="checkbox"/>	Tesis Formato Libro, revisado por Pares Externos	<input type="checkbox"/>		
	Trabajo Académico	<input type="checkbox"/>	Otros (especifique modalidad)	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
Palabras Clave: (solo se requieren 3 palabras)	Mapas de fertilidad		Características físicas		Características químicas			
Tipo de Acceso: (Marque con X según corresponda)	Acceso Abierto	<input checked="" type="checkbox"/>	Condición Cerrada (*)	<input type="checkbox"/>				
	Con Periodo de Embargo (*)	<input type="checkbox"/>	Fecha de Fin de Embargo:					
¿El Trabajo de Investigación, fue realizado en el marco de una Agencia Patrocinadora? (ya sea por financiamientos de proyectos, esquema financiero, beca, subvención u otras; marcar con una "X" en el recuadro del costado según corresponda):					SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
Información de la Agencia Patrocinadora:	UNHEVAL							

El trabajo de investigación en digital y físico tienen los mismos registros del presente documento como son: Denominación del programa Académico, Denominación del Grado Académico o Título profesional, Nombres y Apellidos del autor, Asesor y Jurado calificador tal y como figura en el Documento de Identidad, Título completo del Trabajo de Investigación y Modalidad de Obtención del Grado Académico o Título Profesional según la Ley Universitaria con la que se inició los estudios.

7. Autorización de Publicación Digital:

7. Autorización de Publicación Digital:

A través de la presente. Autorizo de manera gratuita a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán a publicar la versión electrónica de este Trabajo de Investigación en su Biblioteca Virtual, Portal Web, Repositorio Institucional y Base de Datos académica, por plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente. Se autoriza cambiar el contenido de forma, más no de fondo, para propósitos de estandarización de formatos, como también establecer los metadatos correspondientes.

 Firma:		 Huella Digital
Apellidos y Nombres:	Alejo Arteta, Kevin Jesús	Huella Digital
DNI:	75237739	
Firma:		Huella Digital
Apellidos y Nombres:		Huella Digital
DNI:		
Firma:		Huella Digital
Apellidos y Nombres:		Huella Digital
DNI:		
Fecha: 05/07/2023		

Nota:

- ✓ No modificar los textos preestablecidos, conservar la estructura del documento.
- ✓ Marque con una X en el recuadro que corresponde.
- ✓ Llenar este formato de forma digital, con tipo de letra **calibri**, **tamaño de fuente 09**, manteniendo la alineación del texto que observa en el modelo, sin errores gramaticales (*recuerde las mayúsculas también se tildan si corresponde*).
- ✓ La información que escriba en este formato debe coincidir con la información registrada en los demás archivos y/o formatos que presente, tales como: DNI, Acta de Sustentación, Trabajo de Investigación (PDF) y Declaración Jurada.
- ✓ Cada uno de los datos requeridos en este formato, es de carácter obligatorio según corresponda.