

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN
DE SUELOS Y AGUA



DISTRIBUCIÓN CARTOGRÁFICA DE LOS INDICADORES FÍSICOQUÍMICOS
QUE INTERVIENEN EN LA CALIDAD DEL SUELO DE LA ISLA VENTENJEBE,
DISTRITO DE TOCACHE – REGIÓN SAN MARTÍN 2022

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA

PRESENTADO POR:

ALEX JHUNIOR VERASTEGUI CHUJUTALLI

Tingo María - Perú

2024



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N° 108-2024-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 03 de Julio de 2024, a horas 4:00 P.m. a través de la Sala Virtual de Conferencias Microsoft Teams de la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva para calificar la tesis titulada:

“DISTRIBUCIÓN CARTOGRÁFICA DE LOS INDICADORES FÍSICOQUÍMICOS QUE INTERVIENEN EN LA CALIDAD DEL SUELO DE LA ISLA VENTENJEBE, DISTRITO DE TOCACHE- REGIÓN SAN MARTÍN”

Presentado por el Bachiller: **VERASTEGUI CHUJUTALLI, ALEX JHUNIOR**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENA”**.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 24 de octubre de 2024

Dr. JOSÉ DOLORES LÉVANO CRISÓSTOMO
PRESIDENTE

Dr. WILFREDO ALVA VALDIVIEZO
MIEMBRO

Ing. MSc. MARCO ANTONIO DUEÑAS TUESTA
MIEMBRO



Ing. MSc. JUAN PABLO RENGIFO TRIGOZO
ASESOR



“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 316 - 2024 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
DISTRIBUCIÓN CARTOGRÁFICA DE LOS INDICADORES FÍSICOQUÍMICOS QUE INTERVIENEN EN LA CALIDAD DEL SUELO DE LA ISLA VENTENJEBE, DISTRITO DE TOCACHE – REGIÓN SAN MARTÍN 2022	ALEX JHUNIOR VERASTEGUI CHUJUTALLI	25 % Veinticinco

Tingo María, 06 de noviembre de 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Dr. Tomas Menacho Mallqui
JEFE

C.C. Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE
SUELOS Y AGUA



DISTRIBUCIÓN CARTOGRÁFICA DE LOS INDICADORES FÍSICOQUÍMICOS
QUE INTERVIENEN EN LA CALIDAD DEL SUELO DE LA ISLA VENTENJEBE,
DISTRITO DE TOCACHE – REGIÓN SAN MARTÍN 2022

Autor : Alex Jhunion, Verastegui Chujutalli

Asesor : Ing. MSc. Juan Pablo, Rengifo Trigozo

Programa de investigación : Ciencias Básicas

Línea (s) de investigación : Física y química de suelos

Eje temático : Indicadores físicos y químicos del suelo

Lugar de Ejecución : Distrito Tocache

Duración del trabajo : Fecha Inicio: Julio 2022
Término : enero 2023

Financiamiento : Propio

Monto : 3949,88

Tingo María – Perú. 2023

DEDICATORIA

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello, con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios.

En especial a mis padres: Alex Edgar Verástegui Castañeda y Doni Chujutalli Valles, que me apoyaron y estuvieron y están en los momentos buenos y malos. Gracias por enseñarme a afrontar las dificultades sin perder nunca la cabeza ni morir en el intento. Me han enseñado a ser la persona que soy hoy, mis principios, mis valores, mi perseverancia y mi empeño. Todo esto con una enorme dosis de amor y sin pedir nada a cambio.

A mi tía, Celia Chujutalli Valles, por considerarme como un hijo y todo el afecto que me brinda y muestras de afecto y confianza, durante el desarrollo de toda mi formación profesional.

A mi hermana, Celia Esperanza Verástegui Chujutalli, por ser mi confidente, apoyo y muestras de afecto y confianza, durante todo el tiempo de nuestra vivencia familiar.

A mi hijo, Eyder Alex Verástegui Isla, que es mi motor el que me da el impulso para seguir adelante y brindarle todo el cariño como padre, por el seguiré superándome para brindarle todo.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Recursos Naturales Renovables y la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, que contribuyó en mi formación personal y profesional y al laboratorio de calidad de aire por brindarme las facilidades para el uso del equipo en la ejecución de la tesis.

A la Facultad de Recursos Naturales Renovables y la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua por la calidad de docentes y la enseñanza que me impartieron durante mi etapa universitaria contribuyendo para ser un profesional de éxito.

A los miembros integrantes del jurado de tesis: Ing. M.Sc. Lévano Crisóstomo José; Dr. Alva Valdiviezo Wilfredo; Ing. M.Sc. Dueñas Tuesta Marco Antonio, por el tiempo tomado para la evaluación de mi tesis.

Al Ing. M.Sc. Rengifo Trigozo Juan Pablo, docente de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, asesor del presente trabajo, por su función como mentor y formador, amistad y la desinteresada asistencia en la presente tesis.

A los jefes de laboratorio de suelos por todo su apoyo y contribuyeron con la realización de este importante documento.

A mis familiares y amigos que de una u otra forma fueron elementos claves a lo largo de la elaboración de esta investigación.

INDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos.....	2
1.1.1. General.....	2
1.1.2. Específicos	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Generalidades sobre el recurso suelo.....	3
2.1.1. Análisis de suelos	3
2.1.2. Muestreo del suelo	3
2.1.3. Suelo	4
2.1.4. Medición de la calidad del suelo	5
2.1.5. Calidad del suelo.....	5
2.1.6. Indicadores de la calidad del suelo	6
2.1.7. Indicadores físicos	8
2.1.8. Indicadores químicos	15
2.1.9. Subíndice de uso sustentable del suelo	23
2.1.10. Distribución espacial	25
2.2. Estado del arte	26
III. MATERIALES Y MÉTODOS	29
3.1. Lugar de ejecución.....	29
3.1.1. Clima.....	29
3.1.2. Zona de vida	30
3.1.3. Flora y fauna	30
3.1.4. Suelos.....	30

3.1.5.	Hidrografía y fisiografía	30
3.1.6.	Accesibilidad	30
3.2.	Discernimiento y/o análisis de la investigación	31
3.2.1.	Población y muestra.....	31
3.2.2.	Variables predeterminadas.....	31
3.2.3.	Tipo y nivel de investigación.....	31
3.3.	Materiales y métodos.....	32
3.3.1.	Materiales y/o equipos	32
3.3.2.	Criterios para muestreo de suelos en campo.....	32
3.3.3.	Metodología de la investigación.....	33
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
4.1.	Indicadores físicos del suelo en la isla Ventenjebe	37
4.1.1.	Textura.....	37
4.1.2.	Densidad aparente.....	38
4.1.3.	Temperatura el suelo.....	39
4.1.4.	Resistencia a la penetración del suelo.....	40
4.2.	Indicadores químicos del suelo en la isla Ventenjebe	42
4.2.1.	Materia orgánica del suelo.....	43
4.2.2.	Reacción del suelo o pH	44
4.2.3.	Nitrógeno total	45
4.2.4.	Fósforo disponible	47
4.2.5.	Potasio disponible.....	48
4.2.6.	Capacidad de intercambio catiónico.....	50
4.2.7.	Calcio.....	51
4.2.8.	Magnesio.....	52
4.3.	Calidad del suelo en la isla Ventenjebe	54

4.4. Exhibición cartográfica de la distribución de la calidad del suelo en la isla Ventenjebe.....	57
V. CONCLUSIONES.....	59
VI. PROPUESTAS A FUTURO	60
VII. REFERENCIAS.....	61
ANEXO.....	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Propiedades físicas del suelo.	8
2. Dimensiones de partículas del suelo.....	9
3. Agrupamiento general de las clases texturales del suelo.....	10
4. Rangos que interpretan la densidad aparente relacionado al desarrollo radicular, más origen textural del suelo.	11
5. Dap y Dr en relación con el grupo textural	12
6. Vinculo de la densidad aparente, clase textural y espacio poroso del suelo	12
7. Rapidez en base a la infiltración.....	13
8. Limites/rangos de resistencia a la penetración del suelo.....	14
9. Rangos del potencial de hidrógeno (pH) del suelo.....	17
10. Márgenes de materia orgánica del suelo.	17
11. Márgenes presenciales de nitrógeno del suelo.	18
12. Márgenes de fósforo disponible.	18
13. Márgenes de potasio disponible (K ₂ O).....	19
14. Categorías para interpretar calcio (Ca ²⁺) intercambiable.....	20
15. Rangos interpretativos para Magnesio (Mg ²⁺).....	20
16. Valores analizables para la CIC.....	21
17. Régimen para interpretación de potasio (K ⁺) intercambiable.....	21
18. Régimen para interpretar el sodio intercambiable.....	22
19. Régimen que interpretan la conductividad eléctrica.....	23
20. Atributos edáficos, valores deseables y de corte para evaluar el estado actual de los suelos.	24
21. Metodología utilizada para indicadores físicos.	33
22. Metodología utilizada para los indicadores químicos.	34
23. Rangos máximos y mínimos de los indicadores edáficos para definir la calidad del suelo.....	35
24. Rangos para interpretar en base al sistema SUSS	36

25. Textura del suelo encontrados de las calicatas aperturadas de la isla Ventenjebe.	37
26. Prueba de varianza de densidad aparente (g/cm ³).....	38
27. Valores comparativos post-hoc para la densidad aparente (g/cm ³).	38
28. Prueba de varianza de temperatura (°C) en suelos en la isla Ventenjebe.....	39
29. Valores comparativos post-hoc para temperatura del suelo (°C).	40
30. Prueba de varianza de resistencia a la penetración del suelo (kg/cm ²).....	41
31. Valores comparativos post-hoc de la resistencia a la penetración del suelo (kg/cm ²).....	41
32. Prueba de varianza en la variable materia orgánica del suelo en la Isla Ventenjebe.	43
33. Valores comparativos post-hoc para la materia orgánica del suelo (%).	44
34. Prueba de varianza para el pH del suelo en la Isla Ventenjebe.	44
35. Valores comparativos post-hoc para el pH del suelo.	45
36. Prueba de varianza para la variable de nitrógeno total del suelo en la isla Ventenjebe	45
37. Valores comparativos post-hoc para el nitrógeno total (%) del suelo.	46
38. Prueba de varianza del fósforo disponible del suelo en la Isla Ventenjebe.....	47
39. Valores comparativos post-hoc para el fósforo disponible (ppm) del suelo.	48
40. Prueba de varianza para potasio disponible del suelo (kg. K ₂ O/ha).	48
41. Valores comparativos post-hoc para el potasio disponible (kg. K ₂ O/ha) del suelo.....	49
42. Prueba de varianza para la capacidad de intercambio catiónico del suelo en la isla Ventenjebe.	50
43. Valores comparativos post-hoc para la capacidad de intercambio catiónico (Cmol(+)/kg-1) del suelo.	50
Tabla 44. Prueba de varianza para el calcio del suelo (Cmol(+)/kg-1).	51
45. Valores comparativos post-hoc para el calcio intercambiable (Cmol(+)/kg-1) del suelo. .	52
46. Prueba de varianza para el magnesio del suelo (Cmol(+)/kg-1).	53
47. Valores comparativos post-hoc para el magnesio del suelo (Cmol(+)/kg-1).	54
48. Índice de calidad utilizando el Subíndice de uso sustentable del suelo de la Isla Ventenjebe.	56
49. Superficie según calidad de suelo.....	57

50. Valores de la textura del suelo de la Isla Ventenjebe.	77
51. Valores promedios derivados de la recolección de datos de las propiedades físicas del suelo de la Isla Ventenjebe.	78
52. Valores promedios derivados de la recolección de datos de las propiedades químicas del suelo en la Isla Ventenjebe.	79
53. Valores de las propiedades físicas y químicas del suelo para determinar el SUSS de la Isla Ventenjebe,	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Área ubicada de la isla Ventenjebe, distrito Tocache.	29
2. Puntos de las calicatas en el área delimitada en la Isla Ventenjebe.	33
5. Valores obtenidos por el método SUSS.	56
6. Superficie en porcentaje de la calidad de suelo.....	57
7. Mapa de calidad del suelo Isla Ventenjebe	58
8. Georreferenciación de la calicata 1	72
9. Muestreo de suelo calicata 1	72
10. Toma de temperatura ambiente calicata 1	73
11. Medición de la profundidad del perfil calicata 1	73
12. Muestreo de suelo del perfil calicata 2	74
13. Toma de temperatura ambiente calicata 2	74
14. Apertura del hoyo de la calicata 3	75
15. Apertura del hoyo de la calicata 4	75
16. Toma de datos de los cultivos de la calicata 3	76
17. Medición de la profundidad del perfil calicata 4.....	76
18. Análisis de suelos Isla Ventenjebe, distrito Tocache	81

RESUMEN

La investigación se realizó en una Isla, ubicada en el sector Ventenjebe, a 10 km de distancia de Tocache, departamento de San Martín. El objetivo representar cartográficamente la distribución uniforme de los indicadores fisicoquímico que intervienen en la calidad del suelo. Los datos fueron sometidos a una prueba de variancia de una sola vía mediante pruebas no paramétricos; las variables evaluadas fueron: los indicadores físicos, químicos y calidad de suelos mediante el sistema subíndice de uso sustentable del suelo (SUSS) y a su vez la representación cartográfica de la distribución de la calidad del suelo. Los resultados muestran que las calicatas (C1, C2, C3, C4) presentan una textura franco, franco, franco limosa y franco arcillo limosa respectivamente, mayores valores de densidad aparente en la calicata C2 ($1,65 \text{ g/cm}^3$), en temperatura del suelo en la calicata C4 ($30,60 \text{ }^\circ\text{C}$), en la resistencia a la penetración del suelo en la calicata C3 ($1,90 \text{ kg/cm}^2$) Las propiedades químicas presentan mayor valor para la materia orgánica (C1=0.95%), pH moderadamente alcalino, nitrógeno bajo, fósforo disponible de medio a alto, potasio bajo, CIC de muy bajo a bajo, calcio que cambia de bajo a medio y magnesio, con referencia a la calidad del suelo según el método SUSS la C1 corresponde a un suelo de calidad “Aceptable”, mientras que las C2, C3 y C4 corresponden a un suelo de calidad “Sensible”. En conclusión, cartográficamente el área representa dos calidades de suelo, aceptable (89.57%) y sensible (10.143%).

Palabras clave: Suelos aluviales, calicatas, propiedades fisicoquímicas, calidad, Isla.

The Cartographic Distribution of the Physicochemical Indicators that Intervene in the Quality of the Soil from the Ventenjebe Island in the Tocache District of the San Martin Region in 2022

Abstract

The research was done on an island located in the Ventenjebe sector, at a distance of ten kilometers from Tocache in the San Martin region [of Peru]. The objective [was to] cartographically represent the uniform distribution of the physicochemical indicators that intervene in the quality of the soil. The data was submitted to a one way variance test using non-parametric tests. The variables that were evaluated were: the physical indicators, the chemistry and quality of the soil through a sustainable soil use subindex (SUSS – acronym in Spanish), and at the same time, the cartographic representation of the distribution of the soil quality was done. The results revealed that the test pits (C1, C2, C3, [and] C4) presented loamy, loamy, loamy silt, and loamy clay silt textures, respectively. The greatest values for the apparent density were from test pit C2 (1.65 g/cm^3), for the soil temperature [they were] from test pit C4 ($30.60 \text{ }^\circ\text{C}$), [and] for the penetration resistance of the soil [they were] from test pit C3 (1.90 kg/cm^2). The chemical properties presented greater values for the organic matter (C1=0.95%), the pH [was] moderately alkaline, [there was a] low nitrogen, an average to high available phosphorous, [a] low potassium, a very low to low CEC (CIC in Spanish), a low to average exchangeable calcium, and magnesium. In reference to the quality of the soil, according to the SUSS method, C1 corresponded to an “acceptable” quality of soil, while C2, C3 and C4 corresponded to a “sensitive” quality of soil. In conclusion, cartographically, the area represented two qualities of soil: acceptable (89.57%) and sensitive (10.143%).

Keywords: alluvial soil, test pits, physicochemical properties, quality, island

I. INTRODUCCIÓN

La inestabilidad en los suelos es ocasionada por diversos niveles, de tal manera que afecta las características fisicoquímicas y biológicas, por cual presenta un deterioro de manera temporal y/o permanente. Los indicadores que presenta el suelo permiten revelar el estado actual y definir puntos y/o áreas críticas en consecuencia de la sostenibilidad, con vista agrícola y además como recurso natural conservable que mantiene una vida de calidad y preservación de la biodiversidad. Los indicadores se presentan de manera cualitativo (afloramiento del subsuelo, canalíticos de erosión, encharcamiento), así también son cuantitativos (índice de infiltración, capacidad de intercambio catiónico-CIC, potencial hidrogeno, extensa macrofauna, entre otros).

Los análisis de los parámetros en el suelo, a lo largo del tiempo permite observar la variabilidad de los atributos físicos mostrando características particulares. Por ejemplo, la textura del suelo está vinculada con el espacio poroso, la infiltración y la capacidad de campo (CC)/punto de marchites permanente (PMP) con el agua; densidad aparente (Dap) está vinculada al ritmo de infiltración y la permeabilidad (k); la permanencia de los agregados está vinculada con la tenacidad de erodabilidad y la presencia de materia orgánica (MO). Además, los indicadores químicos comprenden características que influyen en las relaciones entre el suelo y la planta, tales como MO o carbono (C), potencial hidrogeno (pH), conductividad eléctrica (CE), nitrógeno total (N), fósforo (P) y potasio (K) disponible en el suelo. Los parámetros clave en cuanto a la producción de cultivos y que representan los patrones de fertilidad son: MO, N, pH, P y K; y los indicadores biológicos incorporan varios elementos influyentes en la calidad del suelo, que usualmente hacen referencia a la abundancia y variedad de microorganismos.

Tomando estas observaciones y el valor por aportar datos relevantes que contribuirá al progreso de una agricultura sostenible para la población rural en base de la envergadura para la vida; el suelo no ha recogido de la civilización la práctica necesaria que es de prioridad, ya que urge la necesidad de desafiar los retos de preservar e incrementar su calidad. Para tal efecto es ineludible conocer los indicadores de la calidad del suelo en la isla Ventenjebe, distrito Tocache - San Martín, por lo que se genera la interrogante: ¿Se podrá representar cartográficamente la distribución cartográfica de los indicadores fisicoquímico que intervienen en la calidad del suelo de la Isla Ventenjebe, distrito Tocache, región San Martín?

En este contexto, con la presente investigación se pretende determinar cómo influyen los indicadores fisicoquímicos, así como su distribución cartográfica de calidad del suelo a través de la método del subíndice de uso sustentable del suelo (SUSS) y utilizando los indicadores para representarlo cartográficamente en un plano.

La distribución uniforme de los indicadores fisicoquímico que intervienen en la calidad del suelo de la Isla Ventenjebe, distrito Tocache, región San Martín si se puede representar cartográficamente.

1.1. Objetivos

1.1.1. General

Representar cartográficamente la distribución uniforme de los indicadores fisicoquímico que intervienen en la calidad del suelo de la Isla Ventenjebe, distrito de Tocache, región San Martín.

1.1.2. Específicos

- Determinar los indicadores físicos del suelo (Textura, densidad aparente, temperatura y resistencia a la penetración).
- Determinar los indicadores químicos del suelo (Potencial de hidrogeno, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo disponible, potasio intercambiable, calcio intercambiable, magnesio intercambiable, capacidad de intercambio catiónico).
- Estimar metodológicamente la calidad del suelo mediante el subíndice de uso sustentable del suelo (SUSS).
- Plasmar de manera cartográfica la distribución de la calidad del suelo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades sobre el recurso suelo

2.1.1. Análisis de suelos

Los indicadores del suelo se hacen indispensable de forma umbral, como punto inicial de la utilización agrícola y siempre que esta actividad demande como requisito (Plaster, 2005, citado por Huamán, 2021). Para Sánchez (1981), citado por Campos (2019) es el procedimiento que busca, entre otros, medir la fertilidad del suelo a través de técnicas analíticas físicos y químicos. El proceso implica la extracción de un contribuyente del suelo. Acontecimiento que depende de la constitución de este último, para moldearlo de tal manera que pueda ser definido por las técnicas analíticas propias del método que revelan la condición del suelo. En teoría, el objetivo es establecer el nivel de adecuación o carencia de nutrientes en el suelo, además de las condiciones desfavorables que pueden dañar a los cultivos.

2.1.1.1. Importancia del análisis de suelo

Guerrero (1996), citados por Merino (2021) manifiesta que la información recogida a través de los análisis de suelos constituye un sólido fundamento para formular sugerencias sobre fertilización para circunstancias particulares. Es un recurso esencial para el manejo del suelo; permitiendo clasificar los suelos en grupos de afinidad; estimar las contingencias de recibir respuestas positivas al aplicar nutrientes esenciales; asistir en la valoración de elementos esenciales del suelo; identificar circunstancias puntuales del recurso suelo que generalmente son corregidas y/o recuperadas y mejoradas.

2.1.2. Muestreo del suelo

Los hallazgos al estudiar del suelo se basan en una muestra de calidad que el agricultor proporciona a la institución certificado de análisis. Por esta razón, seguir detalladamente las sugerencias a considerar al recolectar muestras de suelo para posteriormente ver el análisis físico y químico. (Guerrero, 1996, citado por Huamán, 2021).

Es un procedimiento muy sensible y de gran exactitud, ya que de depende del éxito del estudio. Si la muestra se ha tomado de manera incorrecta, no serán útiles las métodos o herramientas de laboratorio más adecuadas. La recolección de muestras debe considerar las fluctuaciones de los suelos en función de la profundidad del perfil y la superficie del terreno. (Escobedo, 2007, citado por Campos, 2019).

2.1.2.1. Tipo y cantidad de muestras a recolectar

Muestra simple

Se consigue mediante una única extracción de terreno. Se utilizan en investigaciones y en terrenos muy uniformes. Se aconseja tomar cuatro muestras por hectárea, cada una con 1 kg del sustrato (Guerrero, 1996, citado por Merino, 2021).

Muestra compuesta

Hace referencia a la muestra de suelo adquirida mediante la extracción de múltiples muestras sencillas o submuestras, agrupadas en un contenedor y adecuadamente homogenizadas, de las cuales se extraen de 0.5 a 1 kg del sustrato. Son las más empleadas en el diseño de la fertilización, así mismo, se aconseja que cada parcela de muestreo contenga 20 - 25 submuestras. (Guerrero, 1996, citado por Huamán, 2021).

2.1.2.2. Envíos de muestras al laboratorio

El peso de las muestras que se van a enviar oscila entre 0,5 y 1,0 kg, embaladas en bolsas de plástico. Preferentemente el suelo debe estar seco, si está húmedo, secarlo bajo sombra. Es necesario que la muestra sea correctamente identificada, proporcionando datos sobre la parcela (cultivos, recursos, actividades culturales y ubicación geográfica, relieve y datos catastrales), del encargado de la muestra (nombre, dirección, localidad, contacto, lote/parcela, establecimiento) y la profundidad de su muestreo. (Guerrero, 1996, citado por Campos, 2019).

2.1.3. Suelo

Viene a ser la recopilación natural del sustrato que se encuentran en la superficie de la tierra en sitios alterados o incluso afectados entrópicamente de materiales que contienen materia viva y soporta o puede soportar plantas en el exterior. Su tope más alto se encuentra en el aire o en las aguas someras. Sus márgenes fluctúan en grados dependiendo de la profundidad de las aguas o de las zonas sin vegetación (eriales) de roca o hielo. Probablemente, su límite inferior con el no suelo sea el más complicado de establecer. (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos-USDA, 2014).

Para Jiménez y Gonzales (2006), citados por Campos (2019) “El suelo esta compuesta por una capa fina, que varía de unos centímetros o incluso metros de profundidad, de material terroso, no consolidado, que se genera en la interfase entre la atmósfera y la biosfera

y la litosfera. En este recurso, elementos de la atmósfera e hidrosfera (temperatura, aire, agua, viento, precipitación, etc.), de la litosfera (sedimentos y rocas), y la biosfera, que efectúan la transferencia de materia y energía ante lo inerte y lo vivo, manifestando un ecosistema complejo”.

2.1.4. Medición de la calidad del suelo

Para la calidad del suelo influyen elementos físicos, químicos y biológicos que lo componen y presentan interacciones entre sí. Por ello, para apreciar la naturaleza holística de la calidad y/o salud del suelo, deberán ser valorados los parámetros en su totalidad. No obstante, en el suelo no todos los parámetros tienen la misma valía, o situaciones. Por ejemplo, en la zona oriental de los Estados Unidos (EE. UU) la prueba de CE en suelos salinos puede no ser útil, y no presenta un problema de salinidad. Una cantidad mínima de propiedades y/o indicadores del suelo, en cada uno de los tres componentes del suelo son seleccionados sobre la base de su capacidad para denotar la disposición del suelo para aplicar en sus usos y climas relacionados. Los parámetros del equipo de calidad del suelo se escogen principalmente para valorar la calidad agrícola del mismo. El equipo deberá ser empleado como herramienta de análisis, que identifica la tendencia/rumbo general de la calidad del suelo: si los actuales sistemas de manejo están conservando, mejorando o degradando el suelo. El uso del equipo y la interpretación de los resultados dependen bien que sean analizados los indicadores con relación a uso de las tierras y objetivos ecológicos (Luters y Salazar, 2000, citados por Huamán, 2021).

2.1.5. Calidad del suelo

La caracterización de la salud del suelo se define como: Capacidad funcional de un tipo particular de suelo, para mantener la productividad de animales o vegetales, conservar o potenciar la calidad del agua y el aire, y mantener el asentamiento y la salud humana, con límites ecosistémicos naturales o establecidos por la gestión (Comité de la Sociedad de la Ciencia del Suelo) (Bautista & Etchevers, 2014).

En la calidad del suelo incluye también las definiciones de capacidad productiva y conservación ambiental. Funciones específicas a que hace referencia el concepto de calidad del suelo según Brejeda y Moorman (2001), citados por Bautista *et al.* (2011) son:

1. Capturar, conservar y liberar nutrientes y otros compuestos químicos.
2. Capturar, conservar y liberar agua en las plantas y recargar las napas subterráneas.

3. Conservar un medio edáfico idóneo para la actividad biológica del suelo.
4. Para mejorar el uso en las áreas rurales y las zonas de conservación del paisaje.

La calidad del suelo es fluctuante y puede variar a corto plazo dependiendo del uso y las prácticas de gestión; para mantenerla, es imprescindible aplicar prácticas sustentables al pasar tiempo. (NRCS, 2004, citado por Campos, 2019). La conservación o optimización de la calidad del suelo puede producir ventajas económicas al incrementar la productividad, mejor eficacia en la utilización de nutrientes y pesticidas, mejora en la calidad del aire y del agua, y disminución de los gases de efecto invernadero; Brejeda y Moorman (2001), citados por Acevedo *et al.* (2005).

El programa nacional de valoración de la salud del suelo en los Estados Unidos de Norteamérica comenzó con un inventario de los suelos, que incluía datos sobre su uso, clasificación, características del suelo, factores de erosión y más. Posteriormente, la calidad del suelo fue incorporada en la política ambiental y se escogieron indicadores en función de las condiciones agroecológicas para definir planes de seguimiento de su calidad. (Altieri, 1997, citado por Huaman, 2021).

2.1.6. Indicadores de la calidad del suelo

La calidad del suelo se evalúa al situar los parámetros que manifiesten los cambios en la biocapacidad del suelo y de acuerdo a su funcionalidad (Hosokay, (2012); los parámetros o indicadores del suelo son influenciados por la complejidad del sistema ecológico, permitiendo asociar las características, y sirven como parámetros de sostenibilidad, tales indicadores manifiestan a las propiedades físicas, químicas, microbiológicas y biológicas del recurso suelo; por lo que entonces la capacidad de la productividad del sistema suelo, puede ser evaluada indirectamente con el rendimiento las plantaciones forestales, agrícolas y ganaderos. Mientras que Astier *et al.*, (2002), citado por Campos (2019), Los indicadores de salud del suelo se perciben como un instrumento de medición que tiene como objetivo suministrar datos acerca de las propiedades, los procedimientos y las propiedades. Estos se calculan para monitorear los impactos del manejo en el rendimiento del suelo durante un periodo determinado. Plaster (2005), citado por Huaman (2021) refiere que los indicadores de calidad del suelo tienen que cumplir con lo siguiente:

1. Tener lo posible a medir
2. Medición en los cambios del ecosistema suelo.

3. comprender las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y biológicas del suelo
4. Estar disponibles para la evaluar y aplicaciones en condición de campo.
5. Adaptarse a las fluctuaciones climáticas y su uso.

Moscatelli et al. (2005), citado por Campos (2019) valoran como indicadores de calidad del suelo, a la profundidad de los horizontes, contenido de MO, pH del suelo, contenido de fósforo asimilable, actividad microbiana, Dap, resistencia a la penetración y tasa de infiltración; además señala que los indicadores pueden incluir variables cualitativas (Afloramiento del subsuelo, presencia de canalículos de erosión, presencia de encharcamiento, etc.) y cuantitativas (tasa de infiltración, CIC, pH, cuantía de nematodos, etc).

2.1.6.1. Condiciones que deben cumplir los indicadores de la calidad del suelo

Para que se consideren las características físicas, químicas y biológicas del suelo como indicadores de calidad, se deben satisfacer las condiciones siguientes: (Maserá et al., (1999), citado por Campos, 2019):

- Altamente integradores.
- Con medida sencilla, en base de datos objetiva y simple de reconocer.
- Apropiado a nivel de estudio y al sistema analizado.
- De preferencia aplicables a un rango de ecosistemas y condiciones.
- Con atributos que reflejan la sostenibilidad que se quiere en la investigación.
- De fácil entendimiento.
- Cambios accesibles y desemejanza entre los métodos.
- Aspectos centrados, simples y claros.

Considerando que el suelo es un medio en el que participan diversos factores y que no se puede proporcionar una información completa a través de un único indicador, se requiere fundamentarse en indicadores físicos, químicos, biológicos, productivos y sociales para establecer la salud del suelo. (Doran y Parkin, 1994), citados por Huamán (2021).

2.1.7. Indicadores físicos

En consecuencia, a las características que predominan el sitio, existe un número de variables de indicadores físicos en la calidad del suelo. Chen (2000), citados por Huamán (2021), sugiere los siguientes indicadores: Textura, profundidad, Dap, y capacidad de retención de agua. De igual manera, los atributos físicos del suelo son primordial en la valoración de la cuidado de este recurso, que no presentan recuperación sencilla (Singer y Ewing, 2000, citados por Campos 2019); La calidad física que presenta el suelo, es relacionado con el uso eficiente del agua, nutrientes y pesticidas, lo cual ayuda en la disminución del efecto invernadero, y conlleva un aumento en la productividad del cultivo agrícola. No es posible medir directamente esta calidad, pero se puede inferir mediante los indicadores de calidad (estáticos o dinámicos) y la evaluación de los atributos que se ven afectados por el uso y las prácticas de gestión. Las propiedades físicas del suelo, tales como su estructura, densidad aparente, estabilidad de los agregados, infiltración, profundidad del suelo superficial, capacidad de retención de agua y conductividad hidráulica saturada, se han establecido como indicadores de su calidad.

Tabla 1. Propiedades físicas del suelo.

Propiedad	Vínculo con la condición y función del suelo	Indicadores físicos	Aptitud o unidades relevantes ecológicamente; comparaciones para evaluación
Textura del suelo	Retención y desplazamiento de agua y sustancias químicas; erosión del suelo		Porcentaje de arena, limo y arcilla; pérdida del sitio o descripción del paisaje
Profundidad del suelo	Estimación del potencial productivo y erosión		Estima la productividad potencial y la erosión cm o m
Infiltración y densidad aparente	Potencial de productividad y erosión		minutos/2.5 cm de agua y g/cm ³
Capacidad de retención de agua	Interacción con la retención de agua, transporte, y erosión; humedad aprovechable, textura y materia orgánica		Porcentaje (cm ³ /cm ³), cm de humedad aprovechable/30 cm; intensidad de precipitación

Fuente:(Larson y Pierce, 1991)

2.1.7.1. Textura del suelo

La textura del suelo hace referencia al tamaño de los componentes que lo forman. Las partículas del terreno se agrupan en varias fracciones en función de su tamaño. La variada relación entre arena, limo y arcilla determina la textura de cada capa encontrado en el suelo. (Guerrero, 1996, citado por campos 2019).

Mientras que Porta (1999), citados por Merino (2021) Alude que el parámetro “textura” del suelo se relaciona con disposición con partículas arcillosos, limosos y arenosos del terreno; y excluye partículas minerales de mayor tamaño que la arena (2 mm), los cuales se reflexionan como alteradores de textura dominantes como: grava, gravilla, guijarros, rodados y bloque, con diámetros de 0.2 – 2.0, 2.0 – 5.0, 15 - 25, 25 - 50 y > de 50 cm, respectivamente; se incluyen en este grupo a los agregados estables debido al contenido de MO.

Por otro lado, los suelos arenosos poseen buena permeabilidad y espacio poroso. En general de estos suelos tienen baja fertilidad debido a las variaciones de temperatura donde se calientan y se enfrían con rapidez; sin embargo, en la mayoría de las situaciones, los terrenos arenosos son poco fértiles. (Alvarado, 2007, citados por Merino 2021).

Tabla 2. Dimensiones de partículas del suelo.

Dimensión de partículas en el suelo	
Material	Diámetro (mm)
Arena muy gruesa	2,00 -1,00
Arena gruesa	1,00 - 0,50
Arena media	0,50-0,25
Arena fina	0,25-0,10
Arena muy fina	0,10-0,05
Limo	0,05-0,002
Arcilla	menos de 0,002

Fuente: Sistema de clasificación USDA.

2.1.7.2. Clases texturales

Por lo general, el suelo es producto de una combinación de sus componentes fracturales, cuyas categorías textura se basan en desemejantes mezclas de arena, limo y arcilla, por lo que las composiciones son prácticamente ilimitadas. Sin embargo, sólo se establecieron doce categorías estructurales simples, que se especifican en orden creciente de fracción fina (Fassbender, 1984, citado por Huamán, 2021).

Tabla 3. Agrupamiento general de las clases texturales del suelo.

Grupos y clases texturales	Clases Texturales
Ligeros	Arena
	Arena franca
Mediano	Franco arenoso
	Franco arenoso
	Franco limoso
	Limo
Pesado	Franco arcilloso
	Franco arcillo limoso
	Franco arcillo arenoso
Muy pesado	Arcillo arenoso
	Arcillo limoso
	Arcilloso

Fuente: Sistema de clasificación USDA

2.1.7.3. Densidad aparente del suelo

La densidad aparente (Dap) guarda correlación entre el peso del suelo seco en horno y volumen total (del cilindro muestreador), que incluye el volumen de las partículas más la porosidad entre las partículas. La Dap de las partículas son encontrados en suelos arenosos, arcillosos, franco arcillosos y francos, varían de -1,0 - +1,7, 1,0 - 1,5 y francos de 1,5 - 1,7 g/cm³ respectivamente (USDA, 1999, citado por Campos, 2019).

La Dap es un indicador que ayuda a definir la compactación (Disminución del espacio poroso) del suelo mostrando las restricciones en el desarrollo de

raíces en las plantas. Típicas Dap oscilan de 1,0 y 1,7 g/cm³ y por lo general asciende con el aumento de la profundidad en el perfil, (Ministerio de Agricultura. [MINAG], 2011).

La Dap está vinculada a la textura, la mayoría suelos de textura arenosos obtienen valores elevados asiduamente de 1,35 - 1,85 kg/dm³ (García *et al.*, (2012). García (2014) Reconoce que los manejos agroforestales mantienen alto potencial en recuperar la Dap de suelo relacionados al cultivo de café a pleno luz del día. De Aguiar (2008), citado por Merino (2021) localizo que los valores de Dap son sometidos a mejoría al efecto de recuperación de suelo, así mismo, funciona como indicador para mejorar la salud de suelo, mostrando efectos positivos de la formación de la estructura.

Tabla 4. Rangos que interpretan la densidad aparente relacionado al desarrollo radicular, más origen textural del suelo.

Textura	Ideal (g cm ⁻²)	Aceptable (g cm ⁻²)	Puede afectar el crecimiento radicular (g cm ⁻²)	Restringe el crecimiento radicular (g cm ⁻²)
Arena, areno- franco	Dap<1.6	1.6<Dap<1.69	1.69<Dap<1.80	Dap>1.80
Franco-arenosa, franco	Dap<1.4	1.4<Dap<1.63	1.63<Dap<1.80	Dap>1.80
Franco-arcilla- arenosa, franco- arcillosa	Dap<1.4	1.4<Dap<1.60	1.60<Dap<1.75	Dap>1.70
Limosa	Dap<1.3	1.3<Dap<1.60	1.60<Dap<1.75	Dap>1.75
Franco-limosa, franco-arcillo- limosa	Dap<1.4	1.4<Dap<1.55	1.55<Dap<1.65	Dap>1.65

Arcullo-arenosa, arcillo-limosa	Dap<1.1	1.1<Dap<1.39	1.39<Dap<1.58	Dap>1.58
Arcillosa (>45% arcilla)	Dap<1.1	1.1<Dap<1.39	1.39<Dap<1.47	Dap>1.47

Fuente: SAGARPA (2012).

Tabla 5. Dap y Dr en relación con el grupo textural

Grupo textural	g/cm ³	
Bouyoucos	Dap	Dr
Franco arenoso	1,35 – 1,44	2,53 – 2,63
Franco	1,34 – 1,50	2,56 – 2,66
Limoso	1,35 – 1,49	2,45 – 2,65
Franco limoso	1,24 – 1,54	2,49 – 2,58
Franco arcilloso	1,35 – 1,49	1,74 – 2,78
Arenoso	1,34 – 1,49	2,58 – 2,66
Arcillo limoso	1,24 – 1,46	2,49 – 2,59
Arcilla	1,18 – 1,34	2,54 – 2,64

Fuente: SOIL SURVEY STAFF, (1993). Dap = densidad aparente,
Dr = densidad real

Tabla 6. Vinculo de la densidad aparente, clase textural y espacio poroso del suelo

Clase textural	Dap (g/cm ³)	Porosidad (%)
Arenoso	1.6 – 1.8	30 - 35
Franco Arenoso	1.4 – 1.3	35 - 40
Franco	1.3 – 1.4	40 - 45

Franco Limoso	1.2 – 1.3	45 - 50
Arcilloso	1.0 – 1.2	50 - 60

Fuente: SOIL SURVEY STAFF, (1993). Dap = densidad aparente.

Según lo señalado, la D_r es un valor estable (cuando el volumen de los sólidos no puede ser alterado), mientras que la D_{ap} es más fluctuante (a causa del desequilibrio y liberación de los suelos). Por lo tanto, un terreno recién labrado para la siembra presentará efectos de D_{ap} menores de lo normal, mientras que el mismo terreno post cosecha presentará un aumento de D_{ap} , especialmente si en la labranza se emplearon equipos pesados (maquinarias).

2.1.7.4. Infiltración

La infiltración se refiere al procedimiento en el que el agua se infiltra a través de la superficie del terreno y alcanza sus estratos inferiores. Numerosos elementos del terreno influyen en el control de la infiltración, además de regular el desplazamiento del agua en él, incluso su distribución durante y tras la infiltración. (Ferrerías et al., 2009, citado por Campos, 2019).

La infiltración cambia significativamente en la rapidez a la que el agua penetra al suelo. Los terrenos estructura sólida o gruesa textura (arenoso y franco arenoso) facilitan el ingreso del agua de manera libre, en cambio, los terrenos arcillosos son prácticamente impermeables (Filgueira et al., 2006, citados por Huamán, 2021). De manera similar, Aoki y Sereno (2006) citados por Merino (2021) afirman que la permeabilidad depende de muchos factores y que los suelos densos tienen menor permeabilidad y los suelos generalmente arenosos tienen una permeabilidad más rápida.

Tabla 7. Rapidez en base a la infiltración.

Velocidad de infiltración (cm/h)	Clase de infiltración
< 0,004	Impermeable
0,004 – 0,15	Muy lenta
0,15 – 0,51	Lenta
0,51 – 1,52	Moderadamente lenta
1,52 – 5,08	Moderada
5,08 – 15,24	Moderadamente rápida
15,24 – 50,80	Rápida
> 50,80	Muy rápida

Fuente: USDA (1999), citado por Merino (2021).

2.1.7.5. Resistencia del suelo a la penetración

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO, (2020) concluyó que los suelos con mayor detrimento de carbono orgánico (CO) y firmeza estructural aumentan su tendencia a la compactación, mientras que los suelos con mejor estructura y menor resistencia a la infiltración pueden ser más resistentes a factores que provocan un comportamiento beneficioso. Los suelos que presentaban inestabilidad estructural de agregados se caracterizaban por ser compactos. Para el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica-USDA, (1999), citado por Huamán, (2021) con un incremento en el grosor de la masa incrementará generalmente la resistencia mecánica y el espacio poroso del suelo disminuirá, estas tendencias restringen el desarrollo de las raíces a características fundamentales. La resistencia del suelo varía entre rango bajo $> 2 \text{ g/cm}^3$, rango medio 2 g/cm^3 y rango alto o suficiente $< 2 \text{ g/cm}^3$

Tabla 8. Límites/rangos de resistencia a la penetración del suelo.

k/cm^2	Resistencia del suelo
< 1	Muy suaves
1 - 2	Suaves
2 - 3	Duros
3 - 4	Muy duros
> 4	Extremadamente duros

Fuente: Bazán (1996), citado por Huamán, (2021)

2.1.7.6. Estabilidad de los agregados del suelo

Ferreras *et al.* (2007), citado por Merino (2021) indica que no muestran diferencias significativas entre métodos en base de distribución en distinta clasificación de agregados en la superficie, pero, se observó mejor agregación a mayor profundidad en bosques de segundo orden relacionándose con áreas cultivadas. El autor señala que los indicadores de fertilidad física más sensitivos o que proporcionan más datos significativos son la proporción de agregados firmes en pretratamientos con agua combinados con etanol, deduciendo de esta manera que los terrenos con desequilibrio estructural en agregados fueron terrenos altamente reducidos en el espacio poroso.

Los suelos con agregados mayores y firmes tienden a presentar una mejor resistencia a la erosión, ya que no se fracturarán con facilidad frente al golpe de la lluvia. (García et al., 2013).

Se debatieron los resultados de la disposición de la dimensión de los agregados y su firmeza teniendo en cuenta los elementos, dados los métodos de gestión probados, inciden en la interacción de la descomposición de la MO, por ende, en la alineación y permanencia/perdurable de macroagregados. (Fassbender, 1984, citado por Campos, 2019).

2.1.7.7. Granulometría del suelo

García et al. (2013) se refiere a las texturas de arcilla representan auténticamente la tierra y el impacto de su uso y restauración.

2.1.7.8. Temperatura del suelo

La temperatura de la superficie estará determinada por el aumento y/o disminución de radiación neta que llegan a la superficie de la tierra, teniendo en cuenta el equilibrio entre la energía de onda corta y la de onda larga. La contribución radiactiva neta a una superficie depende de los elementos externos que la rodean. La conservación de una extensa cubierta vegetal comprime la cantidad de radiación a nivel local/global, no sólo porque la sombra reduce la radiación directa, sino que también cambia el albedo. Los bosques tienen una mayor eficiencia que el césped, por lo que, en épocas de calor, un terreno del bosque densamente cubierto puede tener 10 °C menos frío que un terreno sin vegetación cubierta. (USDA, 1999, citado por Huamán, 2021).

2.1.8. Indicadores químicos

Los parámetros químicos de la salud del suelo incluyen cualidades que afectan las relaciones suelo-planta, a la salud del agua, la capacidad amortiguadora del suelo y la disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas y los microorganismos. (Acevedo et al., 2005, citado por Cuellar. 2000). Chen (2000), citado por Campos (2019) sugiere como indicadores el contenido de MO, C, N orgánico, pH, CE, y el N, P y K disponible. Los parámetros muestran normas relevantes en la fertilidad (pH, MO, N, P y K) son elementos clave en cuanto al aumento de cultivos agrícolas. Según Martínez (2003) Se considera que la MO almacenados en el suelo funciona como indicador relevante de la calidad del suelo, siendo el elemento más relevante para escoger dentro del conjunto de compuestos esenciales y requeridos para determinar la salud del suelo. La composición orgánica del suelo es esencial para preservar

la estructura del suelo, conservar el agua requerida, al mismo tiempo funciona como reservorio de nutrientes para así estar disponibles para las plantas.

En los suelos, la respuesta del pH indica la acidez, la neutralidad o la alcalinidad del terreno. El logaritmo negativo se utiliza para representar la concentración del potencial H^+ , expresada en moles por litro. El pH genera una sucesión cuantitativa que va desde el 0 al 14. En una solución/mezcla del reactivo, cuando los cationes de H^+ sobrepasan a los aniones OH^- en una solución, se la denomina ácida, básica cuando los OH^- son predominantes y neutra cuando se hallan en concentraciones equivalentes. (Martínez, 2003, citado por Huamán, 2021).

Las formas minerales del nitrógeno en los suelos suelen derivarse de la degradación de los desechos orgánicos de N, residuos orgánicos recientes, restos vegetales y animales, fertilizantes orgánicos, humus, entre otros. Estas formas por lo general son compuestos simples de N (amoniaco NH_3 y nítrico NO_3^-). A su vez tales técnicas minerales y biológicas suceden a causa del impacto de los macroorganismos y/o microorganismos presentes en el suelo. El análisis de N total en el suelo se efectúa a través del método Kjeldhal (clásico) según lo requiera (Calderón, 1999, citado por Merino, 2021).

2.1.8.1. Reacción del suelo (pH)

La reacción del suelo puede ser primordial característica de un sustrato (muestras de suelo), en términos de mejora vegetal, se transmite a través del pH. Es una característica que influye en las dimensiones de componentes, la disponibilidad de complementos, ciclos naturales y el desplazamiento de los microorganismos. (Sánchez, 2007, citado por Cuellar, 2020).

Tabla 9. Rangos del potencial de hidrógeno (pH) del suelo.

pH	Nivel de rango
Extremadamente ácido	< 4,5
Fuertemente ácido	4,6 – 5,4
Moderadamente ácido	5,5 – 6,5
Neutro	6,6 – 7,3
Moderadamente alcalino	7,4 – 8,5
Fuertemente alcalino	>8,5

Fuente: Soil Survey Staff, (1993). pH= potencial de hidrógeno

2.1.8.2. Materia orgánica

La materia natural consiste en una mezcla de fuentes naturales que se encuentran en la tierra y, de la misma manera, los sedimentos vegetales constituyen el único elemento de la materia natural de la tierra. (Fassbender, 1975, citado por Huamán, 2021).

Por otro lado, Zavaleta, (1992), citado por Campos, (2019) Confirma que la composición principal de la suciedad se basa en sustancias naturales. La suciedad (suelo arenoso) con una consistencia demasiado suelta se puede mejorar incorporando sustancias naturales (estiércol), del mismo modo que la tierra sucia se puede mejorar con sustancias naturales.

Tabla 10. Márgenes de materia orgánica del suelo.

Rangos de MO	Rango (%)
Bajo	< 2
Medio	2 a 4
Alto	>4

Fuente: Soil Survey Staff, (1993), citado por Campos (2019). MO = Materia orgánica.

2.1.8.3. Nitrógeno del suelo

La residencia de nitrógeno (N) en el suelo disminuye debido a la misma composición y ciclo biogeoquímico. El N puede ingresar al suelo a través de ciclos naturales de materiales (compost/estiércol natural y sedimento recolectado) y ciclos de

absorción bacteriana en el medio ambiente. (Sánchez, 1981, citado por Cuellar, 2000). Las condiciones climáticas afectan la cantidad de N en el suelo y los niveles de las mismas disminuyen al aumentar la temperatura. Las primordiales pérdidas del N son: extracción por la agricultura, filtrado, volatilización, desnitrificación y obsesión por el amonio (Navarro, 2003, citado por Merino, 2021).

Tabla 11. Márgenes presenciales de nitrógeno del suelo.

Nivel N	Margen (%)
Bajo	< 0.1
Medio	0,1 – 0.2
Alto	Mayor de 0.2

Fuente: Soil Survey Staff, (1993), citado por Merino (2021). N = Nitrógeno.

2.1.8.4. Fósforo disponible en el suelo

Este elemento químico fósforo (P) inorgánico, originado por la degradación de la capa rocosa durante el ciclo de meteorización y la estructura natural del P, y se encuentra presente el humus, materia natural. El régimen de P completo en la tierra, comunicada como P_2O_5 , rara vez supera el valor de 7 ppm. La mayor parte del P presente en los suelos no es servible por las vegetales, debido a su extraordinaria insolubilidad; Para que esté aclimatado, debe encontrarse como $H_2PO_4^-$ o HPO_4^- , en la disposición de suciedad. De igual manera, las plantas suelen absorber fósforo a pH con niveles bajos, es decir, en el punto donde la dispersión de la muestra una agudeza notable, ya que el compuesto HPO_4^- son más provechosos (Navarro, 2003, citado por Campos, 2019).

Si bien Sánchez (1981), citado por Huamán (2021) aconseja que la composición en este elemento queda vinculada a la composición de la materia natural y la superficie de la suciedad, usualmente se obtienen al hallar 180 mg / kg. Como sea, este elemento sufre una cacalota por los suelos.

Tabla 12. Márgenes de fósforo disponible.

Rangos	Fósforo (ppm)
Bajo	< 7
Medio	7 – 14

Alto

> 14

Fuente: Soil Survey Staff, (1993), citado por Huamán, (2021).

2.1.8.5. Potasio disponible en el suelo

La semilla de la palma de aceite es la nuez que queda tras la extracción del mesocarpio suave y aceitoso del fruto. Se compone de un cuesco o endocarpio y de uno, dos o tres óvulos en el ovario tricarpelico, los cuales suelen abortarse (Corley y Tinker, 2009, citado por Campos 2019).

El potasio (K) disponible componente proviene de la meteorización y desintegración de rocas que vienen cargadas de este elemento, adyacente a estos se deben agregar los provenientes de la descomposición de restos de plantas y criaturas. El elemento de K es un elemento accesorio muy importante para todas las formas orgánicas. Las verduras necesitan mayores dosis de K porque es un requisito indispensable previo para al contenido de N. el K ocupa un papel característico en la promulgación de innumerables catalizadores, además, tiene atribuciones en el balance hídrico y el crecimiento meristemático. Es un elemento nutricional esencial para cada tipo de vida vivida. Las hortalizas requieren grandes cantidades de este nutriente, dado que son un requisito inicial de N. El K juega un papel crucial en el inicio de una gran variedad de compuestos (se conoce superiores a 60 son activados por este catión), que participan en diversos procesos metabólicos como la fotosíntesis, la combinación de proteínas y los almidones; así mismo influye en el equilibrio del agua y en el desarrollo de meristemas; Además, incide con el equilibrio del agua y en el crecimiento meristemático. (Guerrero, 2000, citado por Merino, 2021).

Tabla 13. Márgenes de potasio disponible (K₂O).

rangos	Rango (kg/ha)
Bajo	< 300
Medio	300 – 600
Alto	> 600

Fuente: Soil Survey Staff, (1993), citado por Merino (2021).

2.1.8.6. Calcio intercambiable

SAGARPA (2012) señala que el calcio (Ca) es uno de los cationes intercambiables que más relación directa tienen con las modificaciones en la meteorización del

suelo debido a la presencia de salinización. El Ca es un componente bastante prevalente, fundamentalmente en terrenos de zonas semiáridas. No obstante, generalmente se encuentra en formas químicas de difícil solubilidad, lo que reduce su disponibilidad en el sustrato soluble del suelo.

Tabla 14. Categorías para interpretar calcio (Ca²⁺) intercambiable.

Clase	Ca (Cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹)
Muy bajo	Ca < 2
Bajo	2 ≤ Ca < 5
Medio	5 ≤ Ca < 10
Alta	Ca ≥ 10

Fuente: SAGARPA (2012).

2.1.8.7. Magnesio intercambiable

SAGARPA (2012), asume que el elemento magnesio (Mg²⁺) es de especial relevancia ya que pertenece a la molécula de clorofila, lo que lo vincula con la fotosíntesis. Es habitual hallar carencias de magnesio en terrenos arenosos con escasa capacidad para el intercambio catiónico (CIC).

Tabla 15. Rangos interpretativos para Magnesio (Mg²⁺).

Clase	Mg (Cmol ⁽⁺⁾ · kg ⁻¹)
Muy bajo	Mg < 0,5
Bajo	0,5 ≤ Mg < 1,3
Medio	1,3 ≤ Mg < 3,0
Alta	Mg ≥ 3,0

Fuente: SAGARPA (2012).

2.1.8.8. Nivel de saturación de bases

Los suelos almacenan cationes ácidos (H, Al) y cationes básicos (C²⁺, Mg²⁺, K y N). La distribución de cationes alcalinos en los coloides del suelo está relacionada con el grado de repleción de bases. Cuando el pH del suelo indica 7 (estado neutral) la saturación de bases es completa llegando al 100% y resulta que los coloides no encontramos iones de hidrogeno. La saturación de bases está vinculada al pH del terreno. Solo se emplea

para determinar la cantidad de limo necesaria en un terreno ácido en el punto neutro. (FAO, 2015).

2.1.8.9. Capacidad de intercambio catiónico

El intercambio catiónico (CIC) se refiere a los procesos reversibles en los que las partículas sólidas de terrenos absorben iones de la fase acuosa y desabsorben simultáneamente cantidades semejantes en comparación de otros cationes, estableciendo un balance entre las etapas (Fassbender, 1975, citado por Campos, 2019).

La habilidad para intercambiar cationes está vinculada a una optimización del agregado en el suelo, lo que promueve la aireación, la retención de agua, la interacción de los microorganismos y la fertilidad del terreno. En la siguiente tabla, se presentan los rangos interpretativos para la CIC según SAGARPA, (2012).

Tabla 16. Valores analizables para la CIC.

Clase	CIC (Cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹)
Muy Alta	CIC ≥ 40
Alta	25 ≤ CIC < 40
Medio	15 ≤ CIC < 25
Baja	5 ≤ CIC < 15
Muy baja	CIC < 5

Fuente: SAGARPA (2012). CIC = capacidad de intercambio catiónico.

2.1.8.10. Potasio intercambiable

La disposición del suelo contiene un pequeño porcentaje del potasio (K⁺) absoluto. (Fassbender, 1984). En la tierra, el K⁺ encontramos en volúmenes moderadamente grandes. El compuesto óxido de potasio se fundamenta en su superficie. La partícula de arcilla posee la mayor concentración de sustancia, por lo que áreas con material arcillosos y limo arcillosos son más peculiares que los terrenos limo arenoso y arenosos. (Cairo, 1995).

Tabla 17. Régimen para interpretación de potasio (K⁺) intercambiable

Clase	K (Cmol ⁽⁺⁾ ·kg ⁻¹)
Muy bajo	K < 0.2

Bajo	$0,2 \leq K < 0.3$
Medio	$0,3 \leq K < 0.6$
Alto	$K \geq 0.6$

Fuente: SAGARPA (2012).

2.1.8.11. Sodio intercambiable

Este elemento es conocido que, pero no comprobado que sea un nutriente indispensable, el sodio (Na) suele sustituir al K^+ en ciertas situaciones. Numerosas variedades de vegetales poseen mecanismos que disminuyen la impregnación y transportes del Na a las hojas, evitando la aparición de signos tóxicos, dado que se aglomeran en algunos órganos vegetales como: tallos, troncos y raíces. Las señales de intoxicación por Na en las hojas son manchas interventivas necróticas. No obstante, la sobredosis de Na puede causar carencias de otros cationes como el potasio, el Ca^{2+} y el Mg^{2+} (Sagarpa, 2012).

Tabla 18. Régimen para interpretar el sodio intercambiable.

Clase	Na (Cmol (+)/kg)
Muy Baja	$0,0 \leq Na < 0,3$
Baja	$0,3 \leq Na < 0,6$
Normal	$0,6 \leq Na < 1$
Alto	$1 \leq Na < 1,5$
Muy Alto	$Na \geq 1,5$

Fuente: SAGARPA (2012).

2.1.8.12. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) de una suspensión de agua y suelo refleja la cuantía de sales que se encuentran en el suelo. Por lo general los suelos poseen un

cierto contenido de sales, que son fundamentales para el desarrollo de las plantas. No obstante, un exceso de sales obstaculiza el desarrollo de las plantas al alterar el balance entre el suelo y el agua. Suelos que contengan exceso de sales aparecen naturalmente y también como resultado del uso y manejo del suelo USDA, (1999). De igual manera, la CE señala la cantidad de nutrientes activos para las plantas; en el suelo los iones mayormente están agrupados con salinidad son Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , H^+ (cationes) o NO_3^- , SO_4^- , Cl^- , HCO_3^- , OH^- (aniones) (Doran & Parkin, 1996).

Tabla 19. Régimen que interpretan la conductividad eléctrica

CE ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$) a 25°C	Efectos sobre el suelo
$\text{CE} < 1,0$	Despreciables de la salinidad
$1,0 \leq \text{CE} < 2,0$	Muy ligeramente salino
$2,0 \leq \text{CE} < 4,0$	Moderadamente salino
$4,0 \leq \text{CE} < 8,0$	Salino
$8,0 \leq \text{CE} < 16$	Fuertemente salino
$\text{CE} \geq 16$	Muy fuertemente salino

Fuente: Sagairpa (2012).

2.1.9. Subíndice de uso sustentable del suelo

El coeficiente de sostenibilidad del sector agrícola/pecuaria evalúa los grados de sostenibilidad de 5 elementos (suelo, agua, atmósfera, piscicultura y biodiversidad), proporcionándole un enfoque global a los hallazgos. Así, la determinación del índice conlleva la creación de cinco subíndices que muestran los progresos de cada uno de los elementos, definiendo grados de sostenibilidad, con las siguientes variables: (SAGARPA, 2012).

1. Subíndice de uso sustentable del suelo (SUSS)
2. Subíndice uso sustentable del agua (SUSA)
3. Índice de sustentabilidad biológica de las principales pesquerías de México (ISB)
4. subíndice diversidad:
 - Subíndice de biodiversidad vegetal (SBV)
 - Subíndice de diversidad pecuaria (SDP)

5. Subíndice de emisiones de gases efecto invernadero (SEGEI).

Al analizar las diferentes condiciones actuales del suelo, se estudió un número mínimo de características edáficas que se consideraron más importantes para el uso agrícola global, tanto en situaciones de riego como estacionales, teniendo en cuenta los factores del suelo que afectan su calidad, (Doran y Parkin, 1994).

Para cada propiedad del suelo evaluada, se determinó un rango máximo y mínimo, dentro del cual los puntajes de calidad se normalizaron entre cero y uno, donde 1 indica condiciones de calidad óptimas y cero es el rango más bajo. Basándose en la información normalizada, se determinó una media simple (SUSS), que se categorizó de acuerdo con los niveles de calidad establecidos. (SAGARPA, 2012).

2.1.9.1. Valores deseables y valores de corte utilizados en la normalización de los indicadores implicados

Los valores ansiados para cada indicador considerado bajo la evaluación del SUSS se exhiben en la Tabla 20. Tales valores están en concordancia con la NOM 021, sobre detalles de fertilidad, salinidad y suelos clasificados. Asimismo, se tomaron en cuenta las referencias alternativas mencionadas en la explicación de los indicadores derivados.

Tabla 20. Atributos edáficos, valores deseables y de corte para evaluar el estado actual de los suelos.

Indicador	Valores	
	Deseable	Corte
Materia Orgánica	5.10	0.50
Densidad Aparente	1.00	1.47
Potencial de hidrógeno	6.20	5.20
Fósforo	5.60	0.00
Magnesio	0.32	0.00
Calcio	5.00	0.00
CIC	15.10	5.00

Nitrógeno

0.30

0.05

 Fuente: SAGARPA (2012).

2.1.10. Distribución espacial

Las variaciones espaciales relacionadas con la agricultura pueden analizarse mediante métodos geoestadísticos que facilitan la creación de mapas con rasgos uniformes definidos con datos exactos para su gestión (Vásquez, 2010). La investigación geoestadística permite reconocer la realidad de la partición espacial de las medidas analizadas, constituyendo un instrumento esencial para el estudio descriptivo de la variabilidad espacial de las propiedades del suelo. Entendiendo las coordenadas geográficas de un punto seleccionado, es posible examinar los datos permitiendo una representación más precisa del área. (Olaya, 2014).

2.1.10.1. Sistema de Información Geográfica (SIG)

Es una tecnología computacional que se ha incorporado en un sistema de 4 componentes fundamentales: hardware, software, datos y Liveware. El último hace referente a los individuos encargados de diseñar, implementar y utilizar el SIG, y que esencialmente deben poseer un conocimiento apropiado, no solo en la gestión del software, sino en campos del saber vinculados al problema a examinar. (Redrován, 2018)

La definición tradicional de SIG es un componente que facilita el estudio, exposición y deducción explicativa de datos asociados con la superficie del suelo, dado que se refiere a un conjunto de programas y equipos diseñados específicamente para la recolección, conservación y utilización de información cartográfica. (Olaya, 2014).

2.1.10.2. Métodos de interpolación

Un procedimiento de interpolación posibilita la determinación de productos en lugares inmuestreables, basándose en los productos recolectados en una sucesión distinta de puntos (Olaya, 2014). Hay numerosas metodologías de interpolación, entre ellos los cuales gozan de mayor relevancia en los SIG debido a su adaptación al tipo de dato que se gestiona. Su uso común en un SIG es bidimensional, puesto que una capa ráster es una entidad de dos dimensiones.

2.1.10.3. Kriging ordinario (KO)

Ordinario método preciso y estocástico de interpolación, que se puede aplicar tanto a nivel mundial como local. Es un procedimiento complicado con una

intensa carga geoestadística, del cual también hay varias variantes (Olaya, 2014). El autor mismo señala que el propósito de este método es proporcionar un método imparcial para determinar la ponderación ideal entre los puntos en un interpolador local. Esta interpolación ideal debe satisfacer los siguientes criterios, los cuales están protegidos por el Kriging. Es un procedimiento de inferencia espacial que nos facilita la estimación de valores de variables en sitios no muestreados, basándonos en los datos suministrados por la muestra. El método se ha establecido de tal forma que nos proporciona el estimador lineal más adecuado, sin sesgos y con una varianza mínima. Es necesario ser cauteloso para no equivocarse al interpretar lo anterior, dado que podrían existir estimadores más acertados que los conseguidos, pero con características distintas (Porras, 2016)

Según Balzarini, (2014) reconoce que Kriging es el método empleado en geoestadística para efectuar interpolaciones espaciales y prever los valores de la variable en lugares no muestreados. El método ofrece el estimador lineal más preciso para el valor de una variable en un lugar específico, proporcionando también un error de estimación denominado varianza, que se basa en el modelo semivariograma ajustado y en las ubicaciones de los datos originales.

El procedimiento Kriting se basa en la actuación espacial de la constante, específicamente la covarianza entre cualquier punto de muestra y el donde se espera su valor. La función de distancia inversa se utiliza para representar este fenómeno. Este método evita muestras redundantes al pesar muestras que están muy cerca entre sí y de la misma zona, a diferencia de las muestras que están a ambos lados del punto donde se va a asignar el valor al interpolar (Parra & Benítez, 2021). A su vez, Gamble *et al.* (2018) estos modelos facilitan la realización de interpolaciones de datos en distintas etapas temporales, determinando de manera muy exacta las variaciones/modificaciones en calidad y disponibilidad del terreno a producción.

2.2. Estado del arte

Soto, (2016) investigó la distribución fisicoquímica en suelos dentro de la cuenca Las Pavas, distrito Mariano Dámaso Beraún, con el objetivo: determinar la distribución espacial de los atributos físico y químicos. Donde exhibe sus características estructurales son terrazas onduladas templadamente planas seguidas de colinas onduladas, colinas bajas a prudentemente segmentadas, colinas altas y colinas onduladas. La representación cartografica espacial de repartimiento de propiedades físicas muestra que existen zonas de homogeneidad de estructura

del suelo entre clases de suelo y arena en toda el área de la microcuenca. De igual manera, El mapa de repartimiento espacial de propiedades químicas muestra que el 89,90% del valor del pH de la piscina es moderadamente ácido, seguido del pH neutro (9,7%) y el pH fuertemente ácido (0,36%). De igual manera, El 100% contiene MO media a alta, N de alta a muy alta 95,9%, P 88,92% y óxido de potasio medio a medio alto 95,1%. El CIC promedio es del 98,15%.

Barrezueta et al. (2017) Se intentó determinar un conjunto mínimo de datos del suelo (CMD) utilizando el análisis de componentes principales (PCA) para ajustar el índice de calidad del suelo (ICS) y comparar el ICS con rendimientos nacionales de cacao y CCN51 de baja y alta calidad. respectivamente. Trabajaron con 30 muestras de suelo a una profundidad de 0 a 0,30 m en 25 fincas seleccionadas con cultivo de cacao en la provincia El Oro - sur ecuatoriana, tipo declima Tropical Mega térmico, relieve irregular y suelos clasificados (Alfisol, Inceptisol y Entisol). En el análisis se procesó diecinueve atributos fisicoquímicos del suelo, realizando el análisis de componentes principales con la data resultante. Los cinco primeros componentes simbolizan el 77,54% de la varianza, escogidos 07 indicadores (CP1 pH, Σ Bases; CP2 C, N; CP3 Cu; CP4 % Arena y PC5 Mg) que conformaron el CMD. En el resultado se cálculo los coeficientes de puntuación a partir del eigevalor (%) por CP para la sumatoria total de la varianza (%), resultados que se multiplicaron por el promedio de cada indicador seleccionado, obteniéndose un ICS para Nacional= 26,41 y para CCN51= 23,26 que pertenece a un suelo de baja calidad sin existir nivel certeza ($p=0,222$). Al comparar con los rendimientos (Nacional=558,606 kg ha-1 año; CCN51=3506,473 kg ha-1 año) se determinó diferencia estadística ($p>0,05$), influyendo el manejo del cultivo sobre los indicadores edáficos.

Garbanzo *et al.* (2017) realizaron una validación de un modelo geoestadístico de la topografía de la región del Pacífico Sur de Costa Rica. Construyeron un semivariograma de mejor ajuste utilizando interpolación kriging para variables de fertilidad. Examinaron datos de pH, acidez de intercambio, Ca, Mg, K, P, Zn, Cu, Fe y Mn. Utilizaron kriging ordinario para interpolar los datos y determinaron que la distribución de los nutrientes del suelo era anormal según la frecuencia. Además, pudieron determinar la relación entre el pH del suelo y los cultivos de la zona. Luego de la validación mutua y la eliminación de errores de interpolación, los mapas obtenidos en este estudio brindan Data muy valorable y útil para el diagnóstico de la fertilidad del suelo dentro de la región.

Un estudio de Campos, (2019) determinó la calidad de tierras cacaoteras de diferentes edades en la zona de Ventenjebe del distrito de Toca-San Martín y trató de mapearla como una

poderosa herramienta para la toma de decisiones. formación - a nivel local, regional y global Llevar a cabo la gestión y uso de la tierra. Se tomaron muestras de sustrato del cultivo de cacao en distintas edades en 6 lugares estratégicos, se reconocieron la macrofauna existente que fue detectada en el laboratorio de suelos de la UNAS. Los estudios de suelo nos facilitaron la determinación de la salud del suelo a través del método del SUSS y luego se crearon mapas utilizando el software ArcGIS. La parcela de 3 años mostró una distribución espacial de calidad “pobre y marginal” con tipos texturales franco limoso y franco, pH medio alcalino y neutro, niveles medios de MO, niveles medios y bajos de N, niveles bajos de P y CIC. y K. Meeren; Una parcela de 6 años muestra calidad marginal, textura franco arcillosa, pH neutro, bajo M.O, bajo N, bajo P y CIC, calidad media de K, marginal, textura franco arenosa, pH alcalino, bajo M.O, N, P y CIC contenido y contenido medio de K. Calidad del suelo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación fue realizada en la isla Ventenjebe; políticamente pertenecientes en distrito Tocache, provincia de Tocache, dentro de la región de San Martín. Asimismo, la Isla cuenta con una extensión alrededor de 250 ha; geográficamente está a 8°11'19" latitud sur - 76°30'37" longitud Oeste, con coordenadas UTM – 18S, Este: 336167.00 m Norte: 9087670.00 m, y 482 msnm.

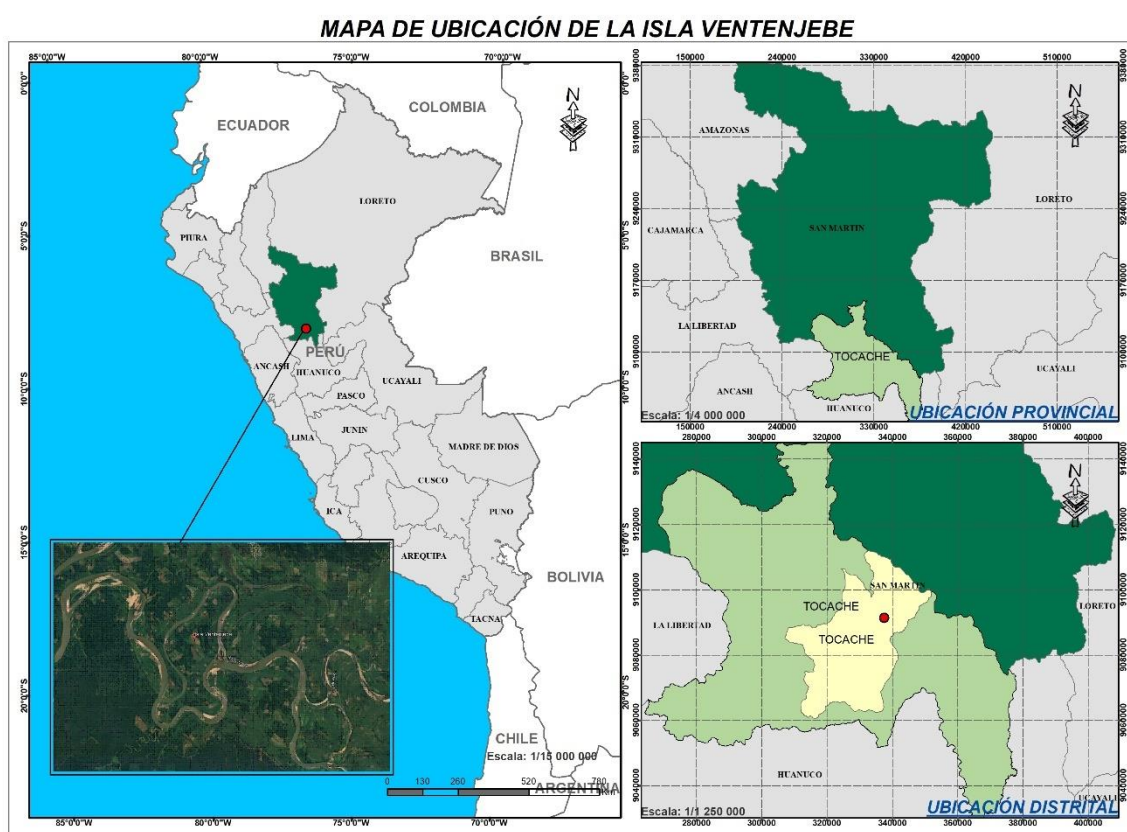


Figura 1. Área ubicada de la isla Ventenjebe, distrito Tocache.

3.1.1. Clima

En el área de estudio en clima es favorable para cultivos agrícolas durante los 12 meses del año; presenta precipitación (PP) media de 3 847,30 mm/año, evidenciando en los meses de enero, febrero y marzo, un tope creciente; y junio, julio y agosto, un mínimo; los meses restantes mantiene una PP equilibrada. Del mismo modo presenta una temperatura media de 24,7 °C/año, con mínimos bajadas en los meses de junio hasta agosto con 18,6 °C/año; con una humedad relativa (%HR) alrededor del 80%.

3.1.2. Zona de vida

Según Plan Estratégico Regional Agrario (2008) citado por Campos (2020) el área comprende de bosques húmedos y pluviales (representan el 75%); tienen pisos altitudinales como premontano, montano bajo y montano. De igual manera el área cuenta con bosques secos basal y premontano (representan el 15,5%). Debido a que las actividades antropogénicas están concentradas con mayor fuerza en los bosques secos, premontano, montanos, han afectado negativamente, con 86%, 95% y 21% de su área calculada respectivamente.

3.1.3. Flora y fauna

En el caso de la flora, está determinada por diversas especies típicas de riberas, que son adaptables a ese tipo de suelos (generalmente húmedos). Se hallan plantas como: *Gynerium sagittatum* (caña brava), *Ficus trigona* (renacos), *Cecropia sp.* (ceticos), *Bactris sp.* (ñejillas), y plantas de menor volumen en el tronco (herbáceas) entre ellos: gramíneas y ciperáceas; siendo todas ellas pioneras de la Isla Del mismo lado, también hay animales como: *Hydrochaeris hydrochaeris* (ronsoco), *Agouti paca* (picuro), *Aotus nancymae* (musmuqui), entre otros (ZZE, 2006).

3.1.4. Suelos

Generalmente estos suelos son de origen fluvial y pluvial, superficiales con corta línea evolutiva. Los declives del relieve plano cóncavo están compuestos por depósitos generalmente de MO, no presenta un buen drenaje y un exiguo desarrollo.

3.1.5. Hidrografía y fisiografía

A pesar de que el área es una isla, rodeada por el río Huallaga (una longitud de 1,138 Km desde la naciente hasta su desembocadura) en la región de San Martín, navegable; en cuanto el caudal no presenta dificultades en su máxima creciente, ya que está clasificado como: “Terraza baja no inundable”, con grado de inclinación de superficie que va desde 0 - 8% (Altitud base local de 0 a 80 m) (PLAN ESTRATÉGICO REGIONAL AGRARIO, 2008).

3.1.6. Accesibilidad

Para acceder a la isla Ventenjebe, el tiempo de ruta está a unos 17 ± 2 min de la carretera principal (Fernando Belaunde Terry), transportándose de manera terrestre con vista/dirección a Tingo María, el acceso es con todos vehículos motorizados; la vía comprende de una carretera afirmada.

3.2. Discernimiento y/o análisis de la investigación

3.2.1. Población y muestra

La población viene a ser el conjunto de muestras por cada horizonte/capa observados en cada una de las calicatas (4 calicatas). El número total para extraer son 20 muestras.

3.2.2. Variables predeterminadas

Variables independientes

- propiedades físicas del suelo
- propiedades químicos del suelo

Variables dependientes

- Calidad del suelo
- Distribución cartográfica del suelo

Variables intervinientes

- Clasificación del suelo
- Relieve del lugar
- Clima del lugar

3.2.3. Tipo y nivel de investigación

Siguiendo la metodología de Bernal, (2010), la exploración es de tipo:

- Observacional, no existió intromisión por parte del investigador; la data expresa la evolución natural de los eventos, ajenos a la intención del investigador.
- Prospectivo, a data es recopilada con el propósito de la investigación (primer orden). De igual forma que se realizó el control mediante la medición de sesgo.
- Transversal, las variables en general se evaluaron en una sola ocasión; por ello se realizó semejanza, se halló las muestras de manera independiente.
- Analítico, el estadístico al menos es bivariado; ya que planteó y puso a prueba una hipótesis; su rango más bajo estableció el agrupamiento entre los constituyentes.

Por otro lado, la investigación alcanza un nivel de nivel del trabajo es explicativo porque se discutió la conducta de una constante en función de otras; al ser investigación de causa efecto se ejecutó un control y con cumplimiento de otros criterios de causalidad. La intervención estadística es multivariado ya que tuvo el fin de eliminar agrupamientos aleatorios, casuales y/o espurias entre la variable dependiente e independiente (Carrasco, 2005).

3.3. Materiales y métodos

3.3.1. Materiales y/o equipos

Entre los materiales y equipos utilizados en la investigación fueron: Pala recta y curvo, machete, comba, cuchilla, lima de afilar, cuaderno de campo, martillo, cilindros metálicos, flexómetro, bolsas de polipropileno (de 1kg), tamiz (2 mm), matraces, vasos precipitados, probeta, varillas, GPS (Garmin), cámara fotográfica. balanza electrónica, agitador, estufa para secado y destilador.

3.3.2. Criterios para muestreo de suelos en campo

Eventualmente se reconoció el área de investigación y utilizando el programa Google Earth Pro, se dispusieron los puntos de muestreo de manera aleatoria. Dado a su topografía y siguiendo las pautas de muestreo descritos por United States Department of Agriculture-USDA, (1999) se georreferenciaron 04 calicatas (C1, C2 , C3, C4) (Figura 02), para así tener un mejor trabajo de campo y mayor referencia en conocer las características del suelo, basándose en la metodología planteada; así mismo, las calicatas se realizaron con orientación de la salida del sol de Este a Oeste, con medidas de 0,80 x 1,0 x 1,20 m hasta toparse con la capa satura de agua o conocido como napa freática, según las características del lugar se calculó el área que abarca cada punto, seguidamente se perfilo la pared de la calicata con la finalidad de visualizar los horizontes del suelo. Se realizó las lecturas e interpretación de los perfiles del suelo, según profundidad, horizontes presentes, se obtendrán en promedio 20 muestras de 1000.00 gra,os aproximadamente para posteriormente ser enviados al laboratorio de suelos de la facultad de agronomía – UNAS.

Por otro lado, para el levantamiento de muestras de suelos, tener en cuenta lo siguiente: No tomar muestras donde transitan las personas, donde haya acumulación de

estiércoles/abonos orgánicos, en lugares con acumulación de material vegetal, donde recientemente se aplicó fertilizantes, en lugares encharcados, donde haya quemados recientes.

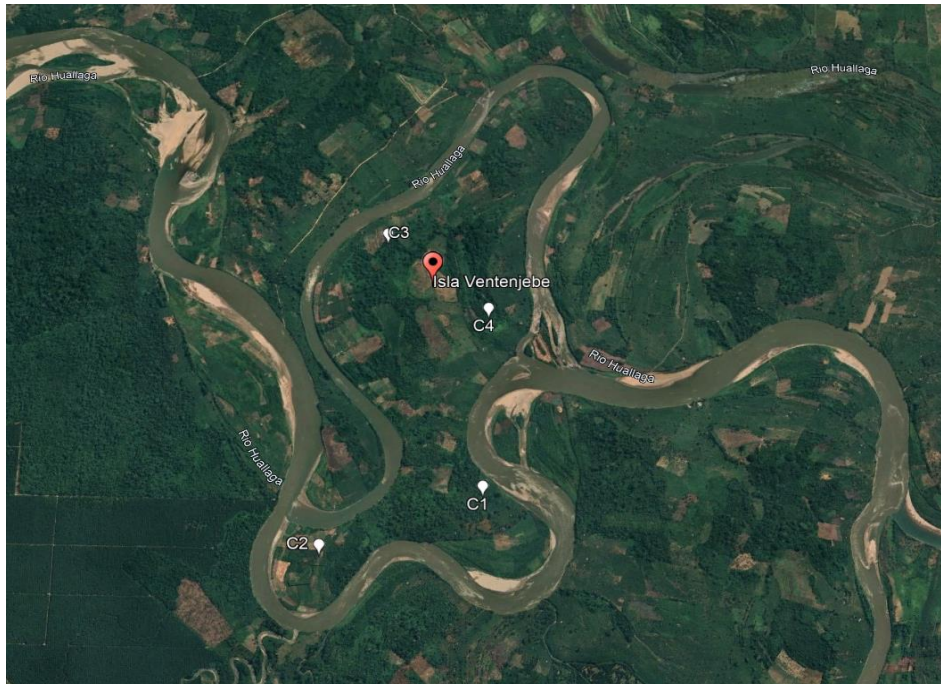


Figura 2. Puntos de las calicatas en el área delimitada en la Isla Ventenjebe.

3.3.3. Metodología de la investigación

Se empleó el método inductivo/argumentado, porque los resultados se generalizaron a la población de estudio por medio de la inducción, a partir de una muestra específica; y por medio de la presunción se obtuvo una muestra característica de forma general (Carrasco, 2005)

3.3.3.1. Determinación de indicadores físicos del suelo

Para poder determinar los atributos físicos, se prosigue con base a los criterios señalados por USDA, (1999) y de manera directa.

Tabla 21. Metodología utilizada para indicadores físicos.

Indicadores físicos	Métodos
Textura (%)	Hidrómetro de Bouyoucos (USDA, 1999)
Densidad aparente (g/cm ³)	Cilindro metálico (USDA, 1999)

Temperatura (°C)	Directo (Geotermómetro)
Resistencia a la penetración (kg/m ²)	Directo (Penetrómetro de cono)

3.3.3.2. Determinación los indicadores químicos del suelo.

La tabla se observa que método se utilizado para cada indicador, esta con criterio descritos por Bazán, (2017).

Tabla 22. Metodología utilizada para los indicadores químicos.

Parámetros químicos	Método
Materia orgánica (%)	Walkley y Black
Potencial de hidrogeno (pH)	Potenciómetro
Nitrógeno Total (%)	Indirecto (MO%)
Fósforo disponible (ppm)	Olsen Modificado
Potasio disponible (Cmol ⁽⁺⁾ /Kg)	Ácido Sulfúrico
Calcio disponible (Cmol ⁽⁺⁾ /Kg)	Acetato de Amonio
Magnesio disponible (Cmol ⁽⁺⁾ /Kg)	Acetato de Amonio
C.I.C (Cmol ⁽⁺⁾ /Kg)	Acetato de Amonio

3.3.3.3. Estimación metodológica de la calidad del suelo mediante el subíndice de uso sustentable del suelo (SUSS).

El método SUSS costa de tres ecuaciones, cuyo objetivo es agrupar los indicadores físicos y químicos que estén relacionadas a la calidad del suelo:

$$R_{nj} = 1 - [(V_{rj} - d_j)/(c_j - d_j)] \dots\dots\dots (1)$$

$$P = (\sum_{i=1}^n R_{nj})/rn \dots\dots\dots (2)$$

$$SUSS = (\sum_i^n = 1Pi)/n \dots\dots\dots (3)$$

Donde: Rn = Resultado del valor normalizado, Vr = Valor indicado, d = Valor deseable del indicador, c = Valor de corte del indicador, j = muestras del suelo, m = Número de muestras analizadas, P = Media de los parámetros normalizados, i = Indicador analizado, n= Número total de indicadores analizados.

Tabla 23. Rangos máximos y mínimos de los indicadores edáficos para definir la calidad del suelo

Indicador	Unidad	Rango deseable (d)	Valor de corte (c)
Materia orgánica (M.O.)	%	> 5	0.5
Densidad aparente (Dap)	g/cm ³	< 1.1	1.47
Conductividad eléctrica (CE)	dSm ⁻¹	< 1	4.1
pH	pH	6 < pH < 7	5 < pH < 8.5
Fosforo disponible (P)	ppm	> 5.5	0
Magnesio intercambiable (Mg ²⁺)	Cmol ⁽⁺⁾ /kg	> 0.3	0
Calcio intercambiable (Ca ²⁺)	Cmol ⁽⁺⁾ /kg	> 5	0
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	Cmol ⁽⁺⁾ /kg	> 15	5
Nitrógeno total (N)	%	> 0.2	0.05

Fuente: SAGARPA (2012)

Tabla 24. Rangos para interpretar en base al sistema SUSS

Calidad del suelo		Descripción
Bueno	$(0.95 < \text{SUSS} < 1.0)$	Las condiciones de la calidad del suelo son las deseables para llevar a cabo la actividad agrícola.
Aceptable	$(0.80 < \text{SUSS} \leq 0.95)$	La calidad del suelo está cercana a las condiciones deseables. Las variables analizadas poco se alejan de los valores adecuados.
Sensible	$(0.65 < \text{SUSS} \leq 0.80)$	Los parámetros medidos ocasionalmente se alejan de los valores óptimos
Marginal	$(0.45 < \text{SUSS} \leq 0.65)$	Los indicadores de calidad son distantes de los valores deseables.
Pobre	$(0 < \text{SUSS} \leq 0.45)$	La calidad de los suelos para fines agrícolas se encuentra amenazada o afectada. Los indicadores se alejan completamente de los niveles deseables.

Fuente: SAGARPA (2012)

3.3.3.4. Plasmar de manera cartográfica la distribución de la calidad del suelo.

Este objetivo se representó cartográficamente (mapas temáticos) los indicadores que determinan la calidad del suelo, mediante el modelo matemático o comúnmente conocido como la interpolación de Kriging. Los mapas temáticos se elaboraron usando el software ArcMap, versión 10.5, se asume que este método es de mayor exactitud ya que permite de manera cuantitativa la distribución espacial de los indicadores determinados en esta investigación.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Indicadores físicos del suelo en la isla Ventenjebe

En la Isla Ventenjebe se ubicaron y georreferenciaron cuatro (04) calicatas en las áreas de terreno con sus respectivos cultivos, tomando como base la fisiografía de la isla, la orientación de la salida del sol de este a oeste, con medidas de 0,80 m x 1,0 m x 1,20 m hasta llegar a la napa freática, donde se recolectaron las muestras y los datos respectivos para determinar en este caso los indicadores físicos del suelo en la mencionada isla, siendo los siguientes:

4.1.1. Textura

Los valores de textura del suelo son variables de la Isla Ventenjebe, estas presentaron desde una textura franco en las calicatas uno y dos, franco limoso calicata tres y por último franco arcillo limosa en la calicata cuatro, según manifiestan Marimon & Llitjos, (1993) la textura determinada viene a ser la equilibrio relativa en masa de las partículas minerales, gravas, arenas, limos y arcillas, que la componen; Es una propiedad que aporta amplia información sobre el procedimiento de las plantas, la locomoción del agua y la erosión, ya que determina en gran medida la estructura, la porosidad, la capacidad de intercambio, etc.

Tabla 25. Textura del suelo encontrados de las calicatas aperturadas de la isla Ventenjebe.

Textura/Calicatas	C1	C2	C3	C4
Arena (%)	20,6	41,4	25	17,8
Limo (%)	61,4	43,4	59	8
Arcilla (%)	18,0	15,2	16	49,4
Textura	Fr	Fr	FrL	FrAL

Fr: franco, A: Arcilloso, a: Arenoso

De acuerdo con Lacasta y Meco (2005) La textura del suelo crea una estructura diferente en términos de porosidad y aglomeración, lo que puede causar problemas de: compactación, aireación, resistencia al agua, permeabilidad, etc. En una técnica de labranza cero, algunos de estos problemas pueden manifestarse con mayor intensidad sin involucrar al suelo. Los resultados generalmente indican como los suelos interpretan las condiciones meteorológicas de forma diferente y por cada lugar, en este caso observamos que existen tres tipos de textura de suelos predominantes, los francos, franco limoso y franco arcillo limoso,

como se sabe el suelo franco es un suelo ideal en comparación con el franco limoso y franco arcilloso limoso.

4.1.2. Densidad aparente

Los resultados para esta variable del suelo en la Isla Ventenjebe comparados mediante el contraste de varianza para las calicatas del suelo, exponen que a un nivel de certeza del 95% en términos estadísticos, preexisten evidencias para consolidar que las medianas de la densidad aparente (Dap) para las cuatro calicatas son iguales, es decir todas las calicatas tienen valores similares estadísticamente.

Tabla 26. Prueba de varianza de densidad aparente (g/cm³).

Variable	Gl	Calicatas	Medianas	H _{k-w}	p ≤ 0.05
Densidad aparente	3	C1	1.60	0.53	0.901
		C2	1.65		
		C3	1.45		
		C4	1.50		

Estadístico de Kruskal-Wallis. Si $p \leq 0.05$, entonces se descarta el H₀.

Mediante la prueba no paramétrica demostrados en la tabla 27 permite deducir que las calicatas C1, C2, C3 y C4, son iguales estadísticamente, aunque los mayores valores se encuentran en las calicatas C1 y C2 con un valor de 1,60 g/cm³, 1,65 g/cm³. Al respecto señala Folegatti et al. (2001) que la Dap es una propiedad del suelo ampliamente utilizada en para cultivos agrícolas, relacionando como punto principal con rutinas de manejo de los suelos y de las aguas. Últimamente ha aumentado la preocupación respecto a la determinación y exactitud en su medición, debido al incremento del uso de irrigación, de tierras cultivadas sin labranza y a la compactación del suelo, así mismo Wild (1992) manifiesta que es la característica que influye en mayor grado sobre la productividad de los cultivos, debido a su estrecha relación con otras propiedades del suelo. Stewart (1998) manifiesta que en algunas especies ejerce un mayor efecto que el mismo uso de fertilizantes, el cual puede ser más notable cuando no se emplean estos últimos.

Tabla 27. Valores comparativos post-hoc para la densidad aparente (g/cm³).

Calicatas	Medianas (g/cm ³)	p > 0.05
-----------	-------------------------------	----------

C1	1,60	a
C2	1,65	a
C3	1,45	a
C4	1,50	a

Las letras iguales sugieren que no existe diferencia significativa - Kruskal-Wallis

Haddad (2004) argumenta que cuando la Dap del suelo se acrecienta, la compactación va en aumento, por ende, son afectan las condiciones de retención de humedad, y según Salamanca y Sadeghian (2004) altos valores de Dap limitan el crecimiento de las raíces. Dick (2004) menciona que a medida que aumenta la materia orgánica y el espacio poroso, disminuye la Dap y recíprocamente; así mismo, en suelos de textura fina (Limo, arcillas) por lo general el régimen de Dap varía de 1.0 - 1.2 g/cm³, mientras que en texturas gruesas (arenosos) es mayor con rangos que varía de 1.2 y 1.6 g/cm³, en los resultados de esta investigación el mayor valor se obtuvo en las calicatas C1 y C2 con un valor de 1.60 g/cm³ y 1.65 g/cm³, que corresponde a suelos francos que corrobora la USDA (2017).

4.1.3. Temperatura el suelo

El análisis de varianza para datos no paramétricos de las calicatas del suelo para la variable temperatura del suelo en la Isla Ventenjebe, exponen que a un nivel de certeza del 95% en términos estadísticos, encontramos evidencias para consolidar que la temperatura en el suelo, las cinco calicatas son diferentes.

Tabla 28. Prueba de varianza de temperatura (°C) en suelos en la isla Ventenjebe.

Variable	Gl	Calicatas	Medianas	H _{k-w}	p ≤ 0.05
Temperatura del suelo	3	C1	26.40	17.6	0,0003
		C2	27.30		
		C3	30.40		
		C4	30.60		

Estadístico de Kruskal-Wallis. Si $p \leq 0.05$, entonces se descarta el H₀.

Mediante la prueba no paramétrica demostrados la prueba no paramétrica en la tabla 29 podemos observar que las calicatas C3 y C4 son iguales estadísticamente y tienen los mayores valores de 30,40 °C y 30,60 °C. Según Forsythe (2002) la temperatura del suelo perturba la elección de la fecha de sembrío, el crecimiento de las plantas y los microorganismos y las propiedades del suelo a través de su grado de meteorización, según Allen (2000) en el

suelo de los trópicos la penetración de las diarias fluctuaciones de temperatura alcanza hasta 0.20 a 0.30 m de profundidad, las fluctuaciones mensuales hasta 2 m y las anuales hasta 10 m de profundidad, que se dividen en periodos de invierno y verano, en nuestro caso el suelo de las distintas calicatas se evidenciaron cambios de temperatura de hasta 0,9 °C.

Según lo afirma Forsythe (2002) al afirmar que el control de la temperatura del suelo puede darse seleccionando la zona ecológica, el manejo de la sombra, el tipo de cobertura, la profundidad de siembra, el riego y el drenaje, Muñoz et al. (2007) menciona que el manejo del suelo permiten un lecho de siembra más adecuado para los cultivos, facilitando el crecimiento de la planta en la fase de emergencia y el desarrollo de la raíz, produciendo dos cambios como son el aumento de la temperatura del suelo y la disminución de la compactación superficial, hechos que benefician sobremanera a los cultivos, en general Forsythe (2002) afirma que las plantas en el campo crecen bajo temperaturas fluctuantes ambientales y no en temperaturas constantes tal como ocurre en experimentos controlados, aquí observamos una fluctuación de 0,2 °C hasta 0,9 °C por calicata que ameritaría investigar el rendimiento de los cultivos cercanos a las calicatas, además estos resultados son preliminares o indicativos en todo caso, ya que para saber cuánto es la temperatura de un suelo Forsythe (2002) afirma que es recomendable hacerlo a 50 cm de profundidad, en nuestro caso lo realizamos a nivel de suelo, donde obviamente se nota mayores fluctuaciones.

Tabla 29. Valores comparativos post-hoc para temperatura del suelo (°C).

Calicatas	Medianas (°C)	p> 0.05	
C4	30,60	a	
C3	30,40	a	b
C2	27,30		b c
C1	26,40		c

Las letras iguales sugieren que no existe diferencia significativa - Kruskal-Wallis.

4.1.4. Resistencia a la penetración del suelo

Los resultados en esta variable del suelo en la Isla Ventenjebe al ser comparados a través de la prueba de varianza para las distintas calicatas del suelo, determinan con un nivel de certeza del 95% en términos estadísticos, existen evidencias para consolidar que las medianas de la resistencia a la penetración para las cuatro calicatas son iguales, es decir todas las calicatas tienen valores similares estadísticamente.

Tabla 30. Prueba de varianza de resistencia a la penetración del suelo (kg/cm²).

Variable	GI	Calicatas	Medianas	H _{k-w}	p ≤ 0.05
Resistencia a la penetración del suelo	3	C1	1,70	11,36	0,0093
		C2	1,85		
		C3	1,90		
		C4	1,78		

Estadístico de Kruskal-Wallis. Si $p \leq 0.05$, entonces se descarta el H₀.

Mediante la prueba no paramétrica demostrado en la tabla 31 se visualiza que la calicata C3 tiene el mayor valor con 1.90 kg/cm² con respecto a las otras calicatas. De acuerdo con Porta *et al.* (2003) Las características físicas del suelo estudiados, tiene un valor preponderante en la caracterización de su productividad, siendo la compactación una de ellas, Henríquez y Cabalceta (1999) en la compactación afecta negativamente y de forma directa e indirecta diversas propiedades del suelo como la estructura, la dinámica del agua y el aire así como procesos de oxidación-reducción y poblaciones de organismos, por citar solo algunos ejemplos, también Demuner Molina *et al.* (2013) La compactación del suelo en la agricultura se citó como un problema económico que conduce a un alto consumo de recursos y a la degradación del suelo, lo que resulta en pérdida de propiedades y bajos rendimientos.

Henríquez *et al.*, (2011) mencionan que al perder el espacio poroso del suelo es un empaquetamiento de partículas que componen la fracción sólida, lo que se entiende en una comprensión del espacio poroso total y consecuentemente, en un aumento de la densidad aparente, Forsythe *et al.* (2005) menciona que al diagnosticar de las condiciones medias de compactación puede ayudar a detectar a tiempo la aparición de condiciones extremas para poder tomar medidas preventivas, en tal sentido los resultados obtenidos nos permiten afirmar que los valores encontrados en la presente investigación según lo manifiesta USDA (1999) la resistencia del suelo se encuentra entre los alcances menores $> 2 \text{ g/cm}^3$, promedios 2 g/cm^3 y suficientes/mayores $< 2 \text{ g/cm}^3$, en cuanto a oposición en altos o suficientes y según Bazán (1996) se encuentran en suelos muy duros, esto se podría por el tipo de textura obtenida.

Tabla 31. Valores comparativos post-hoc de la resistencia a la penetración del suelo (kg/cm²).

Calicatas	Medianas (kg/cm ²)	p > 0.05
C3	1,90	a

C2	1,85	a	b
C4	1,78	b	c
C1	1,70		c

Las letras iguales sugieren que no existe diferencia significativa - Kruskal-Wallis

Figura 2. Puntos de las calicatas en el área delimitada en la Isla Ventenjebe.

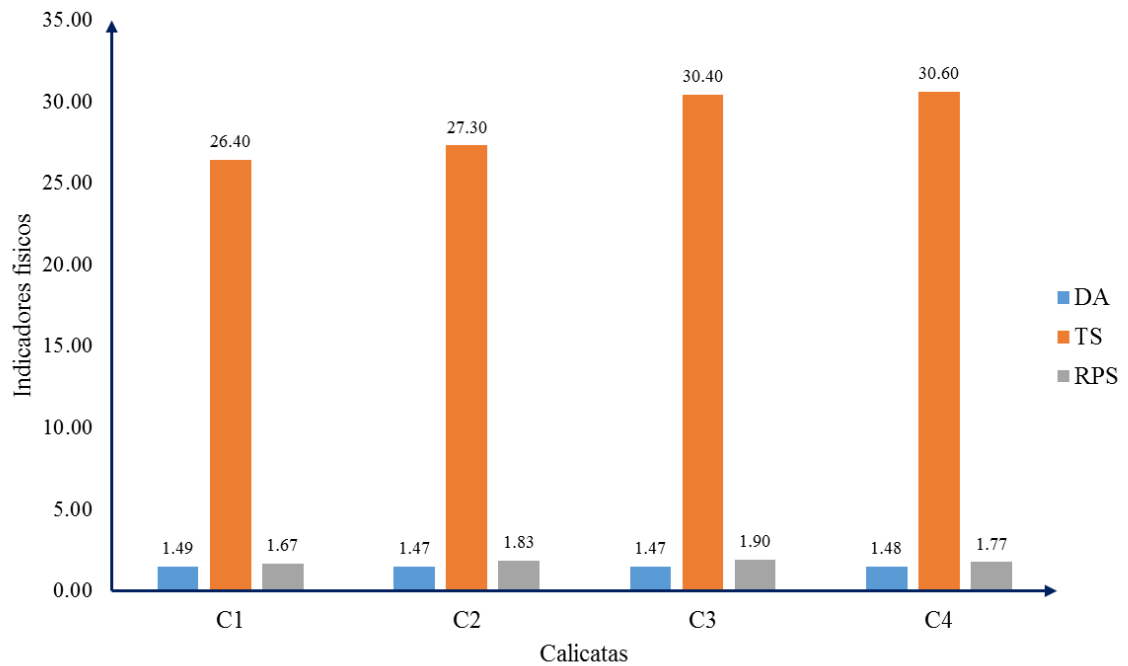


Figura 2. Resultados de indicadores físicos en las calicatas de la Isla Ventenjebe.

4.2. Indicadores químicos del suelo en la isla Ventenjebe

Para los indicadores químicos en la Isla Ventenjebe se recolectaron las muestras de suelo de las cuatro (04) calicatas, y fueron trasladados al laboratorio de suelos de la UNAS, para su proceso adecuado de análisis.

4.2.1. Materia orgánica del suelo

Los resultados relacionados a través de la prueba de varianza de una sola vía en las calicatas muestreadas en la Isla Ventenjebe en la variable materia orgánica (MO) del suelo muestra que a un nivel de certeza del 95% en términos estadísticos, existen realidades que permite consolidar que las medianas para la materia orgánica del suelo son iguales. Es decir, todos los valores obtenidos para la MO del suelo son similares estadísticamente.

Tabla 32. Prueba de varianza en la variable materia orgánica del suelo en la Isla Ventenjebe.

Variable	Gl	Calicatas	Medianas	H _{k-w}	p≤= 0.05
Materia orgánica	3	C1	0,95	7,19	0,0656
		C2	0,82		
		C3	0,59		
		C4	0,82		

Estadístico de Kruskal-Wallis. Si $p \leq 0.05$, entonces se descarta el Ho. Gl= Grados de libertad.

Mediante la prueba no paramétrica aplicados en la tabla 33 observamos en la calicata C1 tiene el mayor valor con 0.95% con respecto a las otras calicatas, de acuerdo con Christensen (1996) la MO del suelo viene a ser el resultado de restos vegetales y animales en sus distintos etapas de descomposición, así como la biomasa de microorganismos, está apretadamente relacionada a los atributos biológicos, fisicoquímicas del suelo, también Fassbender (1975), invocado po Huamán (2021) indican que la MO está compuesta por combinaciones de materiales naturales de su origen, y a su vez hallan disponibles las capas de la tierra.

Según Martínez (2003) la MO sobresale por ser parámetro más relevante de la salud del suelo, además es un indicador muy importante para ser seleccionado dentro del grupo de datos menores y accesitarios en contribuir la salud del suelo. Todas aquellas áreas que tienen cultivos agrícolas donde se apertura calicatas veremos que estas actividades favorecen según Zagal y Córdova (2005) la desintegración y/o fermentación de la MO debido a una mejora en su aireación, que estimula la actividad de los microorganismos del suelo, así mismo Biederbeck et al. (1994) afirma que, a través del tiempo la cantidad de MO total en suelos agrícolas cambia lentamente; así, el ciclaje de todos sus componentes puede tardar desde décadas a siglos, añade Zagal y Córdova (2005) producto del clima, y del uso y manejo del suelo. Los valores de la mediana en la variable MO obtenidas muestran que las calicatas

fluctúan entre 0,95 y 0,59%, que relacionándolo con el nivel de fertilidad todas se encuentran en un nivel bajo, el cual según Soil Survey Staff (1993) tienen un contenido de materia orgánica baja puede ser perjudicial, y habría que acompañar un plan de aplicación de materia orgánica, ya que de acuerdo a lo que afirma Chen et al. (2009) la MO tiene una correlación en casi todas las propiedades que contribuyen a la calidad del suelo, debido a su papel crucial en los indicadores fisicoquímicas y biológicas del suelo.

Tabla 33. Valores comparativos post-hoc para la materia orgánica del suelo (%).

Calicatas	Medianas (%)	p> 0.05
C1	0,95	a
C2	0,82	a
C4	0,82	a
C3	0,59	a

Las letras iguales sugieren que no existe diferencia significativa - Kruskal-Wallis

4.2.2. Reacción del suelo o pH

La prueba de varianza de una sola vía para las calicatas muestreadas en la Isla Ventenjebe en la variable pH del suelo muestra una certeza del 95% y en términos estadísticos se considera la existencia de evidencias que consolidan medianas para el pH del suelo no son iguales. Es decir, al menos una de las calicatas será diferente.

Tabla 34. Prueba de varianza para el pH del suelo en la Isla Ventenjebe.

Variable	GI	Calicatas	Medianas	H _{k-w}	p≤= 0.05
pH	3	C1	8,10	11,46	0,0095
		C2	8,28		
		C3	8,14		
		C4	7,71		

Estadístico de Kruskal-Wallis. Si $p \leq 0.05$, entonces se descarta el Ho.

En la prueba no paramétrica demostrado sen la tabla 35 se observa que la calicata C2 tiene el mayor valor con 8.28 con respecto a las otras calicatas aperturadas, existe una diferencia significativa ya que los valores fluctúan entre 8,28 y 7,71 según su interpretación se encuentran en un nivel de moderadamente alcalino, al respecto Martínez (2003), como se cita en Huamán (2021) indica que el potencial de hidrogeno es un indicador que mide el estado

de acidez, neutralidad o alcalinidad de un determinado suelo, según Osorio (2012) En el suelo, el pH es una propiedad química muy importante porque indica qué tan ácida o básica es la solución del suelo de la cual las raíces y los microorganismos del suelo obtienen nutrientes, en ese sentido Sánchez (2007), como se cita en Cuellar (2020) es un parámetro que limita las concentraciones de sustancias benéficas, la facilidad de los suplementos, los ciclos naturales y el movimiento microbiano, añade Osorio (2012) que el pH de la solución del suelo es un buen indicador de la disponibilidad de nutrientes, mediante los resultados obtenidos observamos que los valores son altos, teniendo en cuenta que los suelos del trópico son ácidos.

Según Soil Survey Staff (1993) indican que la todas las calicatas presentan un pH moderadamente alcalino, los suelos alcalinos no son fácilmente de usar en la agricultura. A causa de la baja capacidad de infiltración el agua de la precipitación se estanca en el parte superficial del suelo y en épocas secas el riego apenas es aplicable por lo que se tiene que proponer un plan de fertilización que incluya primeramente corregir el pH del suelo.

Tabla 35. Valores comparativos post-hoc para el pH del suelo.

Calicatas	Medianas	p> 0.05
C2	8,28	a
C3	8,14	a
C1	8,10	a
C4	7,71	b

Las letras iguales sugieren que no existe diferencia significativa - Kruskal-Wallis

4.2.3. Nitrógeno total

Realizado la prueba de varianza de una sola vía para las calicatas muestreadas en la Isla Ventenjebe en la variable nitrógeno (N) total del suelo muestra que a un nivel de certeza del 95% en términos estadísticos, muestran evidencias para consolidar que las medianas para el N total son iguales. Es decir, todos los valores obtenidos para el N total del suelo estadísticamente son similares.

Tabla 36. Prueba de varianza para la variable de nitrógeno total del suelo en la isla Ventenjebe

Variable	G1	Calicatas	Medianas	H _{k-w}	p≤= 0.05
Nitrógeno total (%)	3	C1	0,05	5,38	0,1214
		C2	0,04		

C3	0,03
C4	0,04

Estadístico de Kruskal-Wallis. Si $p \leq 0.05$, entonces se descarta el H_0 .

Mediante la prueba no paramétrica demostrados en la tabla 37 observamos la calicata C1 tiene el mayor valor en la variable N total con 0,05 % con respecto a las otras calicatas, de acuerdo con Calderón (1999), como se cita en Merino (2021) El elemento del N en el suelo es originarios de descomposición/desintegración de materiales orgánicos, restos vegetales, abonos orgánicos, compost, entre otros. Generalmente se presenta como: nitrógeno amoniacal (NH_3) y nitrógeno nítrico (NO_3^-). Tales sucesos mineralógicos y biológicos suceden debido a influencias macroscópica y microbianas existentes en el suelo, así mismo indican Sánchez (1981), como se cita en Cuellar (2000) indican que la cantidad de N hallado en el suelo son minimas, debido a sus propios elementos y a su ciclo bioquímico, geoquímico. El N suele almacenarse al suelo a través de la circulación de materiales naturales (compost natural – estiércoles y residuos de los cultivos) y a los ciclos de producción bacteriana en el medio ambiente.

Según Navarro (2003), como se cita en Merino (2021) la variabilidad climática afecta la cantidad de N en el suelo, que disminuye al aumentar la temperatura. Las principales pérdidas del N son: extraídos por el cultivo, por filtración, volatilización, proceso metabólico de reducción y por fijación por el amonio, en nuestra investigación observamos que los valores obtenidos en la variable nitrógeno total muestran según la Soil Survey Staff, (1993) un contenido de N bajo, estos suelos presentan un pobre sistema radicular, tejido blando, plantas débiles y etioladas, demora en la producción, rendimiento de baja calidad y mayor susceptibilidad a enfermedades y plagas y según experiencia estos excesos cobran especial importancia si otros nutrientes, como por ejemplo el Potasio, se encuentran en bajo niveles de suministro.

Tabla 37. Valores comparativos post-hoc para el nitrógeno total (%) del suelo.

Calicatas	Medianas (%)	$p > 0.05$
C1	0,05	a
C2	0,04	a
C4	0,04	a
C3	0,03	a

Las letras iguales sugieren que no existe diferencia significativa - Kruskal-Wallis

4.2.4. Fósforo disponible

Realizado la prueba de varianza de una sola vía para las calicatas muestreadas en la Isla Ventenjebe en la variable fósforo (P) disponible del suelo detalla que a un nivel de certeza del 95% en términos estadísticos, existen evidencias para consolidar que las medianas del P disponible del suelo son diferentes. Es decir, al menos una de las medianas será diferente.

Tabla 38. Prueba de varianza del fósforo disponible del suelo en la Isla Ventenjebe.

Variable	G1	Calicatas	Medianas	H _{k-w}	p≤= 0.05
Fósforo disponible (ppm)	3	C1	11,95	0,75	0,8621
		C2	14,27		
		C3	12,11		
		C4	11,95		

Estadístico de Kruskal-Wallis. Si $p \leq 0.05$, entonces se descarta el H_0 .

Mediante el análisis no paramétrica demostrados en la tabla 39 observamos que la calicata C2 tiene el mayor valor con 14,27 ppm con respecto a los valores de las otras calicatas, además los valores son altamente fluctuantes, presentando un valor mínimo de 11,95 ppm en las calicatas C1 y C4. De acuerdo con lo que manifiesta Navarro (2003), citado por Campos (2019) Los constituyentes son P inorgánico derivado de la descomposición de la capa rocosa durante ciclos largos y la estructura natural del P que se encuentra en el humus y la materia natural. Las mediciones de P total en el suelo (reportadas como P_2O_5) rara vez exceden la siete ppm. Mayormente la parte del P presente en los suelos no asimilables por las plantas, a consecuencia de su extraordinaria insolubilidad; Para que esté aclimatado, suelen encontrarse como $H_2PO_4^-$ o HPO_4^- , y en disposición de los residuos orgánicos.

Para las plantas según afirma Fiedls (2004). la disponibilidad del P es la primordial restrictiva en el rendimiento de la producción agrícola, que junto con el N establecen el desarrollo de las plantas. Para agrandar la disponibilidad de estos macronutrientes y mejorar la productividad, se penetra al suelo mediante insumos químicos, aunque su utilización es crítica y afecta la calidad de los alimentos, en estos últimos tiempos se a convertido de una costosa práctica y que arrastra importantes efectos que impactan al medio ambiente, en nuestro caso observamos según la Soil Survey Staff, (1993) un contenido de fósforo disponible alto,

eso puede deducirse como que las áreas en donde se apertura las calicatas tienen adición de fósforo a través de la fertilización.

Según afirman Delgado y Salas (2006) la mejora de actividades de sistemas razonadas y eficientes, que desarrollen y/o retienen la fertilidad, a través del uso óptimo de los nutrientes, requiere conocimiento acerca de los mecanismos comprometidos de la dinámica de dichos elementos. Los elementos disponibles en los suelos se deben asumir desde los múltiples compartimientos orgánicos y minerales, el estudio demostró que el contenido de P disponible en el suelo de la isla Ventenjebe es de medio a alto.

Tabla 39. Valores comparativos post-hoc para el fósforo disponible (ppm) del suelo.

Calicatas	Medianas (ppm)	p> 0.05
C2	14,27	a
C3	12,11	a
C2	11,95	a
C1	11,95	a

Las letras iguales sugieren que no existe diferencia significativa - Kruskal-Wallis

4.2.5. Potasio disponible

Realizado la prueba de varianza de una sola vía para las calicatas muestreadas en la Isla Ventenjebe en la variable potasio (K) disponible del suelo detalla que la certeza al 95% en términos estadísticos, existen evidencias para consolidar que las medianas del K disponible del suelo son iguales. Es decir, todos los valores obtenidos para el K disponible en el suelo son similares.

Tabla 40. Prueba de varianza para potasio disponible del suelo (kg. K₂O/ha).

Variable	Gl	Calicatas	Medianas	H _{k-w}	p≤= 0.05
Potasio disponible	3	C1	30,36	1,70	0,6376
		C2	41,36		
		C3	53,73		
		C4	35,61		

Estadístico de Kruskal-Wallis. Si $p \leq 0.05$, entonces se descarta el H₀.

Mediante la prueba no paramétrica demostrados en la tabla 41 observamos todas las calicatas presentan un nivel bajo de K disponible y se encuentran entre 53,73 a 30,36

de K_2O/ha . Al respecto Guerrero (2000), como se cita en Merino (2021) Tal elemento se forma por la desintegración y descomposición de rocas con porcentajes de K en las mismas, acompañado a estos se adicionan los resultantes de la descomposición de restos de plantas y criaturas. El K es un suplemento fundamental para todos los organismos vivos. Es un nutriente esencial para todas las formas de vida. El K juega un papel importante en la iniciación de muchos compuestos (se sabe que este catión activa más de 60 compuestos) que desempeñan un papel en varios ciclos metabólicos, como la fotosíntesis, la mezcla de proteínas y almidón, y también afecta al agua. equilibrio y desarrollo de meristemas.

De acuerdo con lo que manifiesta Hoa (2003) el K puede estar en estado solución del suelo, adsorbido en la parte partículas de arcillas, fijado entre la capa de arcilla y en los minerales primarios del suelo, haciendo parte del enrejado cristalino. Todas estas formas se encuentran en equilibrio en el suelo, a través de los procesos de absorción-desorción, fijación, inmovilización, meteorización, originando cambios de una forma a otra y movimientos de una forma a otra, los valores obtenidos en la presente investigación muestran también valores con diferencias grandes pero que no resulta significativamente diferente, al tener esta variación no homogénea que difiere, por presentar un nivel bajo, Ramos et al. (2006) menciona que la cantidad de K que se obtiene depende de la solución extractora que se utilice en cada procedimiento y de la facilidad con que éste se encuentre disponible en el suelo para las plantas.

La Soil Survey Staff, (1993) asume que el contenido de potasio es bajo que podría ser una dificultad por ser un macronutriente esencial, según Conti (2000) numerosos investigadores han determinado que la absorción de potasio por las plantas está relacionada directamente al contenido y calidad de arcilla, que nos permiten deducir que la cantidad obtenida no resultaría casi un problema por el tipo de suelo encontrado en las cuatro calicatas.

Tabla 41. Valores comparativos post-hoc para el potasio disponible (kg. K_2O/ha) del suelo.

Calicatas	Medianas (kg. K_2O/ha)	p> 0.05
C3	53,73	a
C2	41,36	a
C4	35,61	a
C1	30,36	a

Letras iguales sugieren que no existe diferencia significativa - Kruskal-Wallis

4.2.6. Capacidad de intercambio catiónico

Realizado la prueba de varianza (una sola vía) para las calicatas muestreadas en la Isla Ventenjebe en la variable de capacidad de intercambio catiónico (CIC) disponible del suelo detalla que tiene una magnitud de certeza del 95% en términos estadísticos, existen evidencias para consolidar que las medianas de la variable CIC del suelo son iguales. Es decir, todos los valores obtenidos para la CIC del suelo son similares estadísticamente.

Tabla 42. Prueba de varianza para la capacidad de intercambio catiónico del suelo en la isla Ventenjebe.

Variable	GI	Calicatas	Medianas	H _{k-w}	p ≤ 0.05
CIC (Cmol ⁽⁺⁾ /kg ⁻¹)	3	C1	5,81	9,79	0,0188
		C2	5,56		
		C3	5,40		
		C4	8,33		

Estadístico de Kruskal-Wallis. Si $p \leq 0.05$, entonces se descarta el H₀.

Mediante el análisis no paramétrica mostrados en la tabla 43 podemos observar en las calicatas se encuentran en un nivel de bajo a muy bajo para la variable CIC. Según Fassbender (1975), citado por Campos (2019) La CIC se entiende como un asunto reversible en el que las partículas sólidas del suelo adsorben iones de la fase acuosa y al mismo tiempo adsorben una cantidad igual de otros cationes y establecen un equilibrio entre las dos fases, también añade SAGARPA (2012) que la CIC está asociada con la progresión de la estructura del suelo, lo que resulta beneficioso para la aireación, la retención de agua, la acción microbiana y la fertilidad del suelo.

Tabla 43. Valores comparativos post-hoc para la capacidad de intercambio catiónico (Cmol(+)/kg-1) del suelo.

Calicatas	Medianas (Cmol(+)/kg-1)	p > 0.05
C4	8,33	a
C1	5,81	a b
C2	5,56	b
C3	5,40	b

Letras distintas por columnas indican diferencias significativas según prueba de Kruskal-Wallis

Según Fassbender (1987) la CIC es una de los parámetros de gran importancia del suelo, ya que ésta es el atributo del suelo de retener cationes con carga positiva y se debe a que el suelo (complicado coloidal) presenta cargas negativas. Existe una semejanza entre textura y intercambiabilidad, donde la intercambiabilidad va en aumento en suelos de textura fina y disminuye en suelos de textura gruesa porque las arenas y las margas contienen menos arcilla coloidal y casi siempre carecen de humus. De acuerdo con los valores que muestra SAGARPA (2012) los valores para la capacidad de intercambio catiónico encontrado en las calicatas son bajas, de acuerdo con estos Podemos afirmar que estos tipos de suelos en cuanto a este cultivo podrían afectar su crecimiento y también el rendimiento de los cultivos, ya que un suelo con baja CIC indica un bajo retención nutrientes, arenoso o pobre en materia orgánica.

4.2.7. Calcio

Realizado el contraste de varianza de una sola vía para las calicatas muestreadas en la Isla Ventenjebe en la variable Calcio (Ca) cambiante del suelo detalla que un certeza del 95% en términos estadísticos, existen evidencias para consolidar que las medianas del Ca cambiante del suelo son iguales. Es decir, todos los valores obtenidos para el calcio del suelo son similares estadísticamente.

Tabla 44. Prueba de varianza para el calcio del suelo (Cmol(+)/kg-1).

Variable	GI	Calicatas	Medianas	H _{k-w}	p ≤ 0.05
Calcio	3	C1	4,80	10,82	0,0126
		C2	4,56		
		C3	4,50		
		C4	6,90		

Prueba estadística: Kruskal-Wallis • Regla de decisión: Si $p \leq 0.05$ se rechaza H_0

Mediante el contraste no paramétrica de Kruskal-Wallis mostrado en la tabla 45 podemos observar que la calicata C4 tiene el mayor valor con 6,90 Cmol⁽⁺⁾/kg⁻¹ con respecto a las otras calicatas. Monge et al. (1994) mencionan que es uno de los componentes que más abundan en la litosfera y suelen encontrarse en el suelo en muy variada proporción, dependiendo en gran medida de la roca madre, así mismo SAGARPA (2012) reporta es un elemento relativamente cuantioso, especialmente en los suelos de regiones semiáridas. Sin embargo, generalmente se encuentra en formas químicas de menor disolución, lo que lo hace menos disponible en las soluciones del suelo. Brady y Weil (2002) menciona que el Ca juega

un papel fundamental en la estructura del suelo siendo el catión que predomina en el complejo sorbente de un suelo que no sea ácido o que el aluminio sea el catión predominante. Monge et al. (1994) afirma que el Ca y Mg constituyen la fracción más importante del complejo de cambio catiónico, y entre las especies vegetales existen notables diferencias en cuanto a sus requerimientos de Ca, existen las que requieren en demasía el Ca y otras no. Brady y Weil (2002) Cuando se produce suelo ácido, la recuperación se aborda mediante una práctica llamada encalado, que implica el uso de suplementos de Ca que reducen la acidez del suelo enriqueciendo el contenido de Ca intercambiable de las partículas coloidales.

Sánchez y Dios Vidal (1976) sugieren que la mayor parte de las plantas cultivadas se estacionan entre ambos extremos, es decir, viven mejor y les basta con que el complejo de cambio esté suficientemente saturado con una adecuada proporción de Ca, al respecto podríamos decir que habría que determinar qué tipo de plantas cultivadas vamos a establecer para corregir el suelo con cal agrícola, así mismo los valores obtenidos nos muestran según SAGARPA (2012) que el contenido de Calcio intercambiable medio, al haber aperturado las calicatas en suelo arcillosos podríamos decir que los valores encontrados son los esperados debido al muestreo, por lo que en la investigación las calicatas C1, C2 y C3 se encuentran en niveles bajo mientras que la calicata C4 presenta un nivel medio.

Tabla 45. Valores comparativos post-hoc para el calcio intercambiable (Cmol(+)/kg-1) del suelo.

Calicatas	Medianas (Cmol(+)/kg-1)	p> 0.05
C4	6,90	a
C1	4,80	b
C3	4,56	b
C2	4,50	b

Las letras iguales sugieren que no existe diferencia significativa - Kruskal-Wallis

4.2.8. Magnesio

Realizado el estudio de varianza de una sola vía para las calicatas muestreadas en la Isla Ventenjebe en la variable magnesio (Mg) del suelo detalla que a un nivel de certeza del 95% en términos estadísticos, existen evidencias para consolidar que valores de las medianas del Mg son iguales. Es decir, todos los valores obtenidos para el magnesio del suelo son similares.

Tabla 46. Prueba de varianza para el magnesio del suelo (Cmol(+)/kg-1).

Variable	GI	Calicatas	Medianas	H _{k-w}	p ≤ 0.05
Magnesio	3	C1	0,72	12,23	0.0066
		C2	0,68		
		C3	0,61		
		C4	1,12		

Estadístico de Kruskal-Wallis. Si Pvalue ≤ 0.05, entonces se descarta el H₀.

Mediante el estudio no paramétrica demostrado en la tabla 47 podemos observar para la variable magnesio del suelo que la calicata C4 tiene el mayor valor con 1,12 Cmol⁽⁺⁾/kg⁻¹ con respecto a las otras calicatas. Mikkelsen, (2010) menciona que el Mg es el elemento más común dentro de los minerales, a su vez comprende el 2% en corteza de la tierra, se confina dentro de las partículas arcillosas del suelo, también se encuentra coligado en el proceso de intercambio catiónico en la superficie de las arcillas; según Brady & Weil (2002) Añadió que el mg desempeña un papel en la síntesis de aceites y proteínas, así como la actividad enzimática en el metabolismo energético. SAGARPA (2012) Indica que el magnesio es particularmente interesante porque forma parte de la molécula de clorofila, por lo que intercede en la fotosíntesis. La insuficiencia de Mg es usual en suelos arenosos con baja capacidad de intercambio catiónico.

De acuerdo con Ross (2004) El estado del Mg en el suelo es un proceso dinámico influenciado por muchos factores, incluido el clima, pH, temperatura y la humedad, y la presencia de múltiples cationes. El Mg intercambiable generalmente representa el 5% del Mg total y se adsorbe en la superficie de minerales arcillosos y MO para ser liberado fácilmente por otros cationes como K y Ca²⁺. Tanto el Mg intercambiable como el Mg de la solución del suelo constituyen el Mg disponible para los cultivos de las plantas. Estas absorben el Mg exclusivamente de la solución del suelo enriquecida por Mg de la fracción intercambiable. En nuestro caso observando los valores y comparando con lo reporta SAGARPA, (2012) se tiene un contenido de Mg intercambiable de bajo nivel, dato que nos reportaría insuficiencia en las plantas y observables porque la carencia en Mg es muy característico de las plantas.

Brady & Weil (2002) mencionan, generalmente la deficiencia del Mg es más común la del elemento de Ca, y estando a rangos de pH adecuados. El síntoma de carencia más particular se ve como clorosis internerval en las hojas antiguas, al ser un elemento móvil

en la planta a diferencia del Ca. La insuficiencia de Mg es común en suelos arenosos o suelos con baja CIC y inducirá a la pérdida de color en las hojas, pero ante todo como afirma Mikkelsen (2010) el análisis del suelo debe utilizarse como herramienta para identificar posibles carencias de Mg. Asimismo, los agricultores pueden optar por utilizar fuentes de Mg de alta calidad si es lo requiera.

Tabla 47. Valores comparativos post-hoc para el magnesio del suelo (Cmol(+)/kg-1).

Calicatas	Medianas (Cmol(+)/kg-1)	p> 0.05
C4	1,12	a
C1	0,72	b
C2	0,68	b
C3	0,61	b

Las letras iguales sugieren que no existe diferencia significativa - Kruskal-Wallis

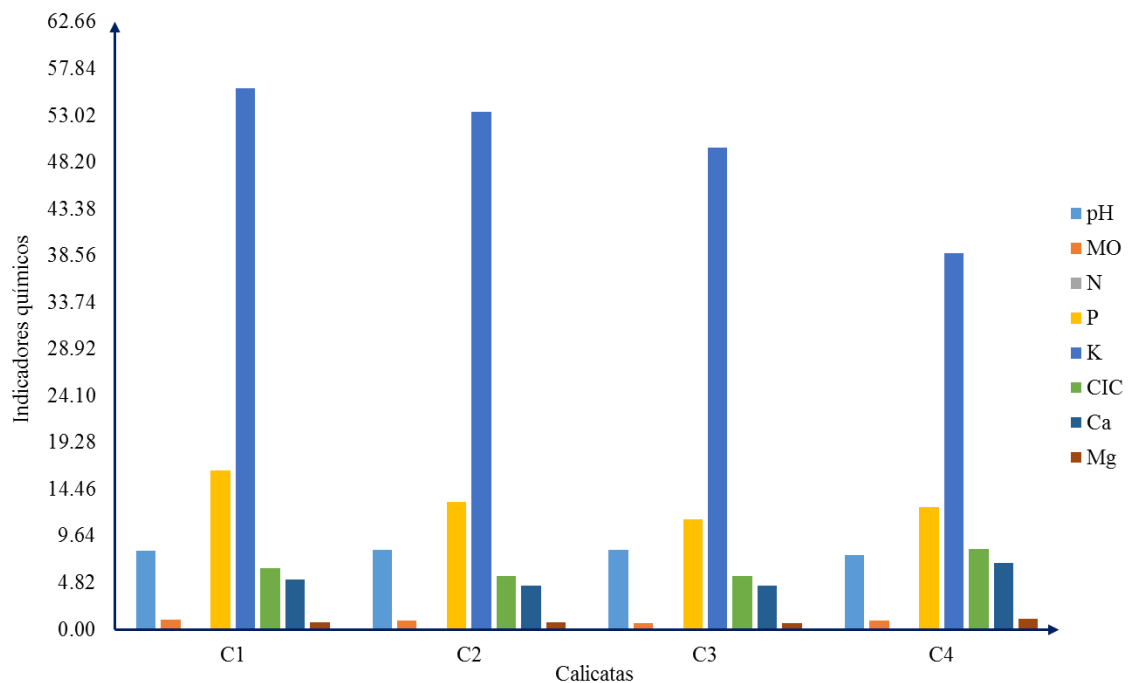


Figura 4. Valores de los indicadores químicos en las calicatas de la Isla Ventenjebe.

4.3. Calidad del suelo en la isla Ventenjebe

En cuanto a la calidad/salud del suelo mediante los datos obtenidos de los diferentes parámetros fisicoquímicos del suelo se pudo determinar a través de la metodología del SUSS, para las cuatro calicatas utilizando la sistemática propuesta por la FAO &

SAGARPA (2012), así como también se determinaron el tipo de clase realizados con los rangos de calidad, propuesta por Cantú *et al.*, (2007) y FAO & SAGARPA (2012). Al respecto la calidad y/o salud del suelo son términos semejantes y no siempre se consideran sinónimos (Doran y Parkin, 1994), en tal sentido el momento de los indicadores dinámicos del suelo como contenido de MO, máxima presencia de organismos y/o masa microbiana en un determinado tiempo específico componen la salud del suelo (Romig et al., 1995), el cual siempre es deseable para instalar cultivos agrícolas, sobre todo en esta zona del país que llueve mucho y por teoría posee suelos pobres.

Según SAGARPA (2012) la metodología del SUSS, congrega los indicadores físicos y químicos concernientes a la calidad del suelo, mediante la media de los datos normalizados de cada parámetro edáfico, tanto a nivel nación como por entidad federativa y por régimen hídrico. Al respecto los resultados detallan que la calicata C1 muestra el mayor valor de SUCSS con 0,83 respectivamente que corresponde a una calidad de “aceptable” es decir las variables analizadas parcialmente se separan de los valores óptimos, en tal sentido la calidad del suelo se acerca más a deseables condiciones, así mismo, podemos observar, de ese mismo modo las calicatas C2, C3 y C4 presentan valores de 0,74, 0,70 y 0,79 respectivamente que concierne a presentar una clasificación denominado “sensible” es decir los indicadores evaluados parcialmente se separan de los valores óptimos (Tabla 47 y Figura 4).

Con respecto a los resultados obtenidos la investigación realizada Campos (2019) de calidad del suelo en plantaciones de cacao (Edades distintas) en el sector Ventenjebe, Tocache – San Martín; determinó la calidad del suelo ejecutando el método SUSS, concluyendo resultados de las subparcelas de 3, 6 y 10 años, están clasificado espacialmente como “Pobre y marginal”, “Marginal”, “Pobre y marginal”, respectivamente. De igual manera, la investigación realizada por Rivera (2018) mediante el método SUCSS determinó que el sistema Bosque (0,75), cacao (0,60), Papayal (0,52), platanal (0,50), cultivo ex cocal (0,25) se clasifican como “Sensible”, “Marginal”, “Marginal”, “Marginal”, “Marginal”, “Pobre” respectivamente. La investigación denominada Uso sostenible del suelo en diferentes sistemas de cultivo en el distrito de Padre Felipe Luyando –Naranjillo, (2016) encontró en el cultivo de *Theobroma cacao* L. un SUSS clasificado “sensible” (0,65), en el platanal, bosque secundario, pero en cultivo de cítrico con un SUSS marginal (0,59, 0,56 y 0,50) 63 y el ex cocal con un SUSS pobre (0,41 y 0,38).

Tabla 48. Índice de calidad utilizando el Subíndice de uso sustentable del suelo de la Isla Ventenjebe.

Sistemas de uso	SUCSS	Calidad
C1	0,83	Aceptable
C2	0,74	Sensible
C3	0,70	Sensible
C4	0,79	Sensible

De acuerdo con estos resultados podemos decir que los suelos en esta zona son trabajables para cualquier tipo de cultivo ya que en la mayoría de las calicatas aperturadas los valores van de sensible hasta aceptable que con un plan articulado de acuerdo al tipo de cultivo se puede desarrollar una agricultura sostenible; Por lo que una recomendación sería ejecutar usanza de manejo de suelos, con el empleo de abonos orgánicos en la zona en investigación con la finalidad de complementar la conservación y mejora de la calidad de la misma.

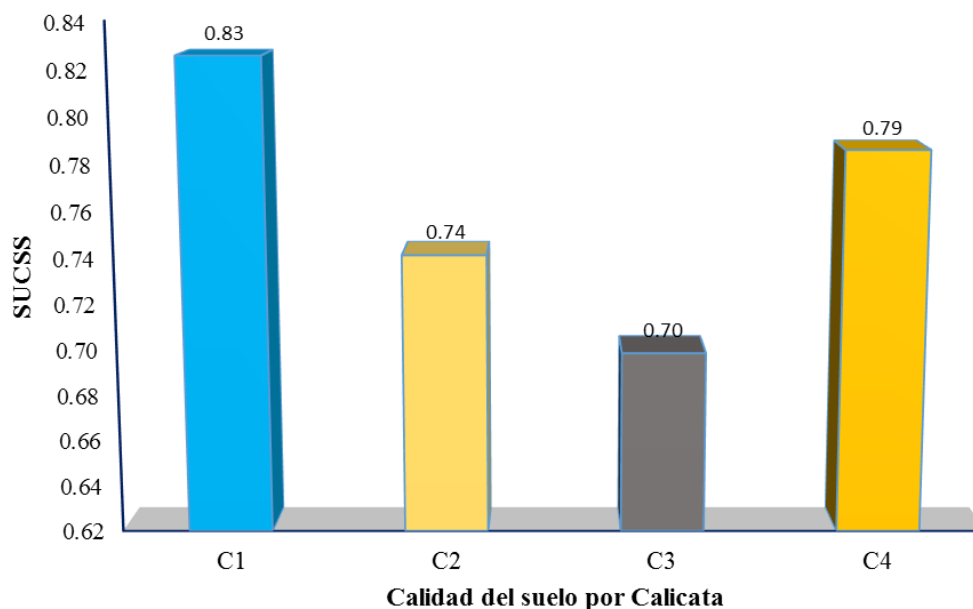


Figura 5. Valores obtenidos por el método SUSS.

4.4. Exhibición cartográfica de la distribución de la calidad del suelo en la isla

Ventenjebe

En la Tabla 49 y Figura 6. Se representa cartográfica la calidad de suelos en hectáreas y porcentaje para la parcela en estudio, donde en mayor áreas está representado por calidad de suelo tipo Sensible con 357,82 ha que representa el 89,57 % del áreas total, mientras que la calidad Aceptable representa el 10,43 % con una área de 41,68 ha, esto nos quiere decir que la parcela en su mayoría es apta para el desarrollo de cultivos agrícolas y por ser parte playa es propicio para siembre de cultivos anuales como generalmente se realiza en estas zonas de playa.

Tabla 49. Superficie según calidad de suelo.

Calidad	Rango SUSS	Área (ha)	Porc. (%)
Sensible	0,80 - 0,95	357,82	89,57
Aceptable	0,65 - 0,80	41,68	10,43
Superficie total		399,50	100,00

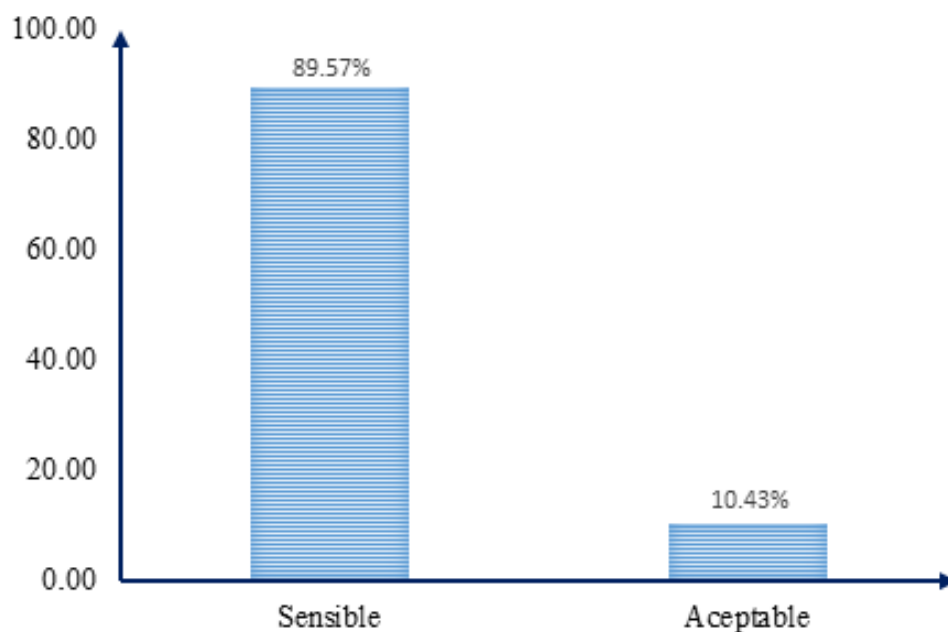


Figura 6. Superficie en porcentaje de la calidad de suelo

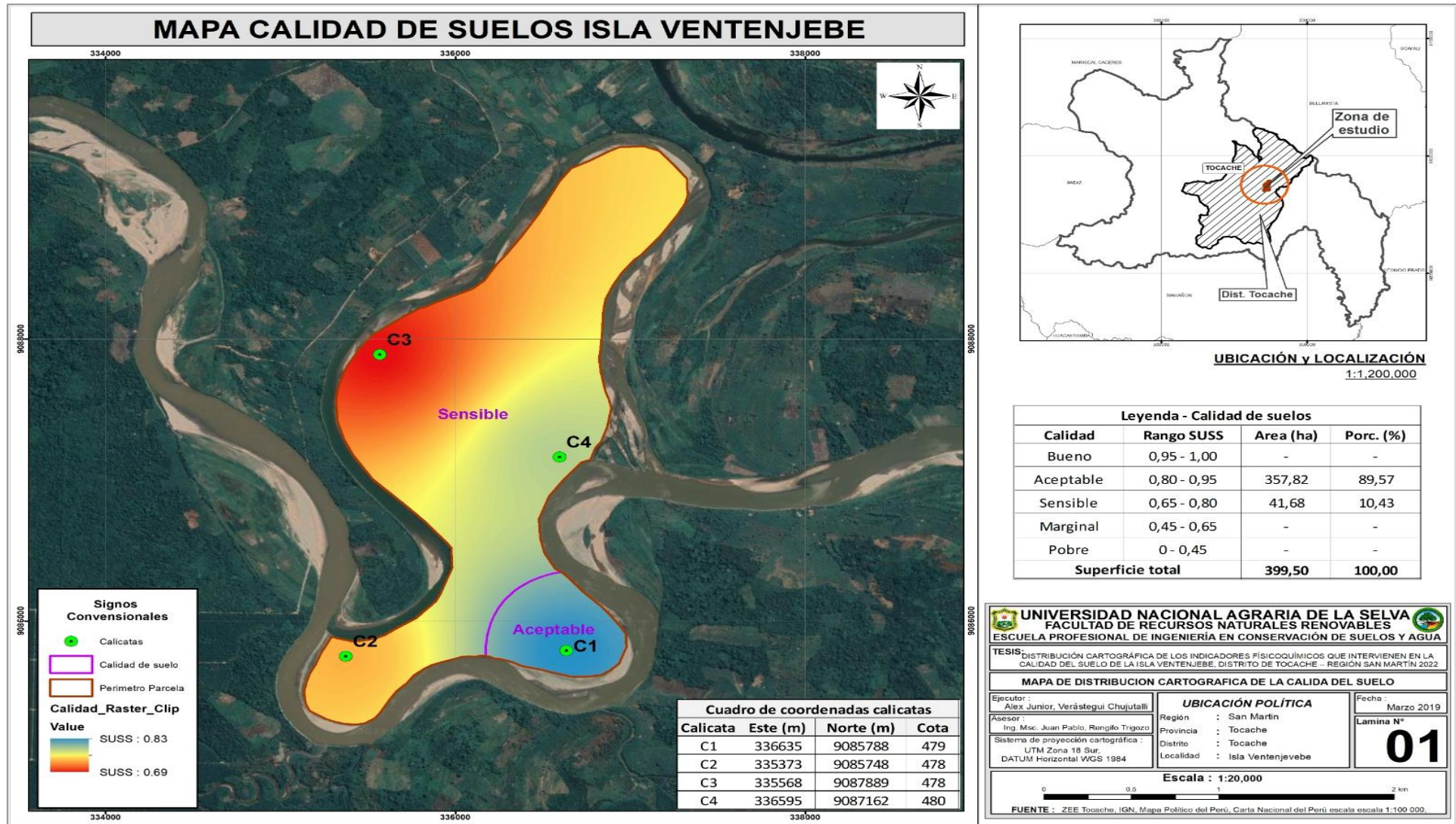


Figura 7. Mapa de calidad del suelo Isla Ventenjebe

V. CONCLUSIONES

1. Dentro de sus propiedades físicas las calicatas en la Isla Ventenjebe presentan una textura franca, franco limoso y franco arcillo limoso, mayores valores de Dap en la calicata C2 con $1,65 \text{ g/cm}^3$; en temperatura del suelo en la calicata C4 con $30,60 \text{ }^\circ\text{C}$; y la resistencia de penetración del suelo en la calicata C3 con un valor de $1,90 \text{ kg/cm}^2$.
2. Dentro de sus propiedades químicas las calicatas en la Isla Ventenjebe presentan mayor valor para la materia orgánica en la calicata C1 con $0,95\%$, para el pH C2 con $8,28\%$, fósforo disponible en la calicata C2 y C3 con $14,27$ y $12,11$ ppm, para el nitrógeno total y el magnesio en la calicata C1 con $0,05\%$ y con $53,73$ (kg. $\text{K}_2\text{O/ha}$), para el potasio disponible, capacidad de intercambio catiónico en la calicata C4 con $8,33$ ($\text{Cmol}(+)/\text{kg}^{-1}$), calcio en la calicata C4 con $6,90$ $\text{Cmol}(+)/\text{kg}^{-1}$ y magnesio en la calicata C4 con $1,12$ ($\text{Cmol}(+)/\text{kg}^{-1}$) respectivamente.
3. La calidad del suelo en la Isla Ventenjebe mediante el método SUSS; las cuatro calicatas, en su mayoría el área corresponde a un suelo de calidad "Aceptable" como el valor de calidad más alto hasta un suelo, de calidad "Sensible" como el valor de calidad más bajo.
4. Se presento cartográficamente la calidad de suelo según la metodología SUSS, donde la parcela en estudio se encontró dos calidades de suelo; Sensible y Aceptable, siendo de mayor representación la calidad Sensible con $89,57\%$ del área total y mientras que la calidad Aceptable representa el $10,43\%$.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Desarrollar estudios sobre la calidad en los suelos que incluya otros parámetros fisicoquímicos, así como también los parámetros microbiológicos del suelo que sean evaluados en temporada seca y húmeda.
2. Realizar estudios sobre la respuesta de la calidad del suelo al aplicar un plan de fertilización incluyendo cultivos tropicales que usualmente se manejan en el lugar.
3. Proponer la agroforestería incluyendo el uso de leguminosas con el fin de almacenar materia orgánica al suelo a través del aporte de ramas, hojarascas y su ves fijar nitrógeno atmosférico.

VII.REFERENCIAS

- Acebedo, E., Xarrasco, A., León, O., Silva, P., Castillo, G., Borie, G., Martínez, E., Gonzales, S., Ahumada, I., (2005). *Criterios de calidad del suelo agrícola*. USDA, (<http://soils.usda.gov/sqi/>).
- Aguilera, C., Martínez E. (1996). *Relaciones Agua, Suelo, Planta, Atmósfera*. 4a ed. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M. (2000). *Crop water evapotranspiration. requirements. Guidelines for computing*. Crop water requirements. FAO. Irrigation and drainage paper. FAO, Rome. 56. 329 p.
- Anderson, J., Ingram, I. (1993). *Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods*. 2nd ed. CAB International. Wallingford, UK.
- Asabe, (2008). *Soil fauna and soil structure*. Aust. J. Soil Res. 29: 745-775.
- Balzarini, M. (2014). *Análisis de la variabilidad espacial en lotes agrícolas*. Manual de buenas prácticas. Córdoba, Argentina.: Eudecor.
https://www.researchgate.net/profile/MarianoCordoba/publication/341281987_Analisis_de_la_variabilidad_espacial_en_lotes_agricolas/links/5eb88b4092851cd50da89c45/Analisis-de-la-variabilidad-espacial-en-lotesagricolas.pdf
- Barrezueta. U. S.; Paz, G.A; Chabla, C. J. (2017). *Determinación de Indicadores para calidad de suelos cultivados con cacao en provincia de El Oro – Ecuador*. Universidad Técnica de Machala. Ecuador. ISSN 1390-9541 (p) I 1390-3365 (e).
- Bassuk, N. & T. Whitlow. (1987). *Environmental stress in street trees*, p. 49-57, In: The scientific management of vegetation in the urban environment, Wageningen Netherlands,
- Bautista-Cruz, A., F. De León-González, R. Carrillo-González, and C. Robles. (2011). *Identification of soil quality indicators for maguey mezcalero (Agave angustifolia Haw.) plantations in Southern Mexico*. Afr. J. Agric. Res. 6: 4795-4799.
- Bautista-Cruz, A., y J. D. Etchevers B. (2014). *Una Revisión sobre los Conceptos de la Calidad del Suelo: Sus Indicadores e Índices*. Editorial Académica Española. ISBN 978-3-8473-6509-9.

- Begon, M., Harper, J., Townsend, C. (1995). *Ecología –Individuos, Poblaciones y Comunidades-*. Barcelona, España: Omega S.A.
- Bengough, O., Mullins, Q. (1991). *Ecología y Cultura: Cambio ambiental, evolución biológica y evolución cultural*. Politeia, (28).
- Bernal, F.(2001). *El cultivo de la palma de aceite y su beneficio*. Bogotá, Colombia: Amado González.
- Bernal, G. (2010). *Las buenas prácticas agrícolas desde la perspectiva de la microbiología del suelo*. (G. Bernal, Intérprete) Universidad tecnológica equinoccial, Santo Domingo de los Tsachilas, Santo Domingo, Ecuador.
- Biederbeck, V.O., H.H. Janzen, C.A. Campbell, and R.P. Zentner. (1994). *Labile soil organic matter as influenced by cropping practices in an arid environment*. Soil Biol. Biochem. 26:1674-1656.
- Borrero, C. A., (2008). *Cultivo de la palma de aceite*. Ingeniero Agrónomo.
- Brady, N And Weil, R. (2002). *Soil acidity: Calcium and Magnesium as plant nutrients*. Cap 9:11 pg. 404- 410.
- Brown, G., Fragoso, C., Barois, I., Rojas, P., Rodríguez, C. (2001). *Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos*. Departamento de biología de suelos, instituto de ecología. Xalapa, México.
- Camayo, J. (2011). *Cuantificación de la macrofauna en relación con las propiedades de los suelos residuales de la laguna Los Milagros – Aucayacu*. [Tesis de grado].. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú.
- Campos, V. S. M. (2019). *Calidad del suelo del cultivo de cacao de diferentes edades sector Ventenjebe, distrito y provincia de Tocache – San Martín*. [Tesis de grado].. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú.
- Cárdenas, P. (2008). *Determinación de la mesofauna del suelo bajo diferentes coberturas en Tingo María*. [Tesis de grado]. Facultad de Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María Perú.
- Carrasco, P. (2005). *Relationship between heavy metal concentrations in soils of Taiwan and uptake by crops*. (<http://www.fftc.agnet.org/>).

- Chen, H., R. Hou, Y. Gong, H. Li, M. Fan y Y. Kuzyakov. (2009). *Effects of 11 years of conservation tillage on soil organic matter fractions in wheat monoculture in Loess Plateau of China*. Soil Till. Res. 106:85-94
- Christensen, B.T. (1996). *Matching measurable soil organic matter fractions with conceptual pools in simulation models of carbon turnover: Revision of model structure*. p.144-160. In Powlson D. S., P. Smith, and J. Smith (eds). Evaluation of soil organic matter models using long-term datasets. U. NATO ASI Series I: Global Environmental Change. Vol I 38. Springer- Verlag, Berlin, Heidelberg, Germany.
- Conti, M.E. (2000). *Dinámica de la liberación y fijación de K en el suelo*. Archivos Agronómicos N° 4. Inpofos - Cono Sur.
- Corley, H., Tinker, P. (2009). *Flores y frutos*. En H. Corley, & P. Tinker, *La palma de aceite* (págs. 180-182). Bogotá, Colombia.
- Correia, A., Oliveira, P. (2000). *Conservación de suelos para países de desarrollo*. Boletín N° 10 FAO. Roma.
- Crespo, G. (1997). *El Reciclaje de Nutrientes y su impacto en sistemas ganaderos en el occidente de Cuba*. [Tesis de Doctorado]. Instituto de Ciencia Animal. Universidad Agraria de La Habana (UNAH).
- Cuellar, C. R. (2020). *Efecto de tres sistemas de siembra en el rendimiento de sachaculantro (Eryngium foetidum L.) en condiciones de suelos degradados en el distrito Pueblo Nuevo*. [Tesis de grado]. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 49 p.
- Delgado R., Salas A.M (2006). *Consideraciones para el desarrollo de un sistema integral de evaluación y manejo de la fertilidad del suelo y aplicación de fertilizantes para una agricultura sustentable en Venezuela*. Agronomía Tropical. 56(3): 289-323.
- Delgado, R., España, M. (1999). *Evaluación de la biomasa microbiana por los métodos fumigación-incubación y fumigación-extracción y su relación con la disponibilidad de nitrógeno en suelos de Venezuela*. Instituto de Investigaciones en Recursos Agroecológicas. Apdo. 4846. Maracay 2101. Estado Aragua. Venezuela.
- Demuner Molina, Genaro, Cadena Zapata, Martin, & Campos Magaña, Santos Gabriel. (2013). Resistencia a la penetración en un suelo franco arcilloso a dos años de manejo con tres sistemas de labranza. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22 (Supl. 1), 68-71.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542013000500012&lng=es&tlng=pt.

- Doran, J.W. y Parkin, B.T. (1994). *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. Soil Science Society of America, Inc. Special Publication. Number 35. Madison, Wisconsin, USA.
- Doran, J., Lincoln, N. (1999). *Guía para la evaluación de la calidad del suelo*. USDA, (<http://soils.usda.gov/sqi>).
- Etter, R.J. (1991). *PopDyn: an ecological simulation program*. Bioscience 41: 784-790.
- Etchevers Aguilar, F., Aguilar, M., Carvajal, F., Agüera, F, Sanchez, P. (2001). *Soil Biodiversity: What is it? Soil Biodiversity: Portal*. Land and Water (AGL). FAO, (<http://www.fao.org/ag/AGL/agll/soilbiod/soilbtxt.htm>).
- Fassbender, O., Bornemisza, I. (1987). *Química de Suelos con énfasis en suelos de América Latina*. 2 ed. IICA. San José, Costa Rica.
- Ferreras L, Magra G; Besson P; Kovalevski E; Garcia F., (2007). *Indicadores de calidad física en suelos de la región pampeana norte de argentina bajo siembra directa*. Ci. Suelo (Argentina) 25(2): 159-172 p.
- Fiedls, S. (2004). *Global Nitrogen: Cycling out of Control*. Environmental Health Perspectives. 112: A556 -A563.
- Folegatti, M.V.; Brasil, R.P.C. Do; Blanco, F.F. (2001). *Sampling equipment for soil bulk density determination tested in a Kandiuclafic Eutrudox and a Typic Hapludox*. Scientia Agricola 58: 833-838.
- Forsythe W., Sancho F., Villatoro M. (2005). *Efecto de la compactación de los suelos sobre el rendimiento de maíz en tres localidades de Costa Rica*. Agronomía Costarricense 29(3):175-185.
- Forsythe, W. (2002). *Parámetros ambientales que afectan la temperatura del suelo en Turrialba, Costa Rica y sus consecuencias para la producción de cultivos*. Agronomía costarricense 26(1): 43-62. <https://www.redalyc.org/pdf/436/43626105.pdf>.
- Franco, J. (1989). *Manual de ecología*. Trillas, México.
- Gamble, J. D., Feyereisen, G. W., Papiernik, S. K., & Wentz, C. B. (2018). *Regression-Kriged Soil Organic Carbon Stock Changes*. Soil & Water Management & Conservation, 1-10.

https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/247/Updates/2018_Gamble_Regressionkriged.pdf

- García S., D., Del Castillo D. (2013), *Estimación del Almacenamiento de Carbono y Estructura en Bosques con presencia de Bambú (Guadua sarcocarpa) de la Comunidad Nativa Bufe Pozo, Ucayali, Perú*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, IIAP. Programa en Manejo Integral del Bosque y Servicios Ambientales (PROBOSQUES). Estación Experimental Ucayali. Pucallpa, Perú.
- Geraldes, A., Torres, Y., Pizarro, A., Guerra, O. (1995) *La producción y consumo de alimentos en el Perú*. Publicación Cultivos Andinos. Ayacucho. Perú.
- Guerrero, A. (2000). *Diseño de programas de conservación del suelo y agua a nivel de finca, usando modelos de simulación de erosión y su análisis financiero*. In: J. F. Ruiz F. (ed.). Evaluación de tierras para una agricultura sostenible en México. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx., México.
- Haddad, N. (2004). *Introduction - Why Study Earth System Science*. Online Internet. Cambridge, TERC. <http://serc.carleton.edu/files/eet/globe/EarthSysInt.pdf>.
- Halfpter, G., Moreno, C.E., Pineda, E.O. (2001). *Manual para evaluación de la biodiversidad en Reservas de la Biosfera*. Manuales & Tesis vol. 2.
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (2008). *Metodología de investigación*. 4 ed. McGraw-Hill Interamericana. México.
- Henríquez C., Cabalceta G. (1999). *Guía práctica para el estudio introductorio de los suelos con un enfoque Agrícola*. ACCS. 1 ed. San José, Costa Rica. 111 p.
- Henríquez, Carlos, Ortiz, Oscar, Largaespada, Keneth, Portuguéz, Pamela, Vargas, Maylin, Villalobos, Pamela, & Gómez, Diego. (2011). *Determinación de la resistencia a la penetración, al corte tangencial, densidad aparente y temperatura en un suelo cafetalero, Juan Viñas, Costa Rica*. Agronomía Costarricense, 35(1), 175-184. Retrieved January 12, 2023, from http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242011000100010&lng=en&tlng=es.
- Hoa, N. (2003). *Soil potassium dynamics under intensive rice cropping. A case study in the Mekong Delta, Vietnam*. Doctoral thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands. 216 p.

- Huamán, M. J. H. (2021). *Influencia de los sistemas de uso en la calidad del suelo sector Cora Cora, distrito Luyando, provincia de Leoncio Prado*. [Tesis de grado]. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 74 p.
- IPNI. (2009). *Influencia de la fertilización y el riego sobre el desarrollo, nutrición y rendimiento de la palama africana en el Ecuador*. Palma, 36.
- Jean-Marie Pelt (1999). "*Michel Adanson, el baobab y las conchas*", en *The Cannelle and the panda: los grandes exploradores de naturalistas en todo el mundo*, Fayard, ISBN 978-2213-60466-4 [https://es.wikipedia.org/wiki/Elaeis_guineensis].
- Lacasta, C., Meco, R. (9-11 noviembre, 2005). *Comportamiento del laboreo de conservación en agrosistemas de cereales en dos suelos de textura diferente*. [Congreso]. Congreso Internacional sobre Agricultura de Conservación. <https://digital.csic.es/bitstream/10261/18926/1/2005%20AC-Suelos.pdf>.
- Lok, S. (2005). *Determinación y selección de indicadores del sistema suelo-pasto en pastizales dedicados a la producción del ganado vacuno*. [Tesis de Doctorado]. Instituto de ciencia animal. Cuba.
- Machado F., y Mielniczuk J. (2009). *Revisão de literatura uma visão sobre qualidade do solo*. Rev. Bras. Ci. Solo.; 33: 743-755. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832009000400001
- Magurran, A. (1989). *Diversidad Ecológica y su medición*. Ediciones Vedral. Barcelona.
- Marimón, J., Llitjós, A. (1995). *Estudio de cuatro adaptaciones escolares de métodos de observación y determinación de la textura del suelo*. Enseñanza de las ciencias de la Tierra. 3(1): 34 – 59. <https://www.raco.cat/index.php/ECT/article/download/89229/141655>.
- Masters, G. (2004). *Belowground herbivores and ecosystem processes*. Ecological Studies 173:93-112.
- Merino, R. M. P. (2021). *Indicadores físicos químicos y biológicos del suelo en tres sistemas de plantaciones del predio Santa Rita cervecería San Juan S.A. -Pucallpa*. [Tesis de grado]. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú.
- Mikkelsen, R. (2010). *Soil and Fertilizer Magnesium*. Better Crops 94(2):26-28.

- Monge; E J. Val; M. Sanz; A. Blanco and L. Montañés (1994). *Calcium as a nutrient for plants. The bitter pit in apple*. An. Estac. Exp. Aula Dei (Zaragoza) 21(3): 189-201.
- Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. Vol. 1. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe de UNESCO y Sociedad Entomológica Aragonesa. Serie Manuales y Tesis SEA.
- Moscatelli, G., Sobral, R., Nakama, V, V., (2005). *Nueva tendencia para conocer el estado de los suelos*. (<http://www.inta.gov.ar/>,Articulo).
- Muñoz, A., Lopez-Pineiro, A., Ramirez,M., (2007). *Soil quality attributes of conservation management regimes in a semi-arid region of south western Spain*. Soil and Tillage Research 95: 255-265.
- Navarro, O. (2003). Architectural features of agricultural habitats and their impact on spider inhabitants. *Journal of Arachnology* 27:371-377.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2020). *Portal de Suelos de la FAO: Propiedades químicas del Suelo*. <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>
- Olaya V. (2014). *Sistemas de Información Geográfica*. https://www.icog.es/TyT/files/Libro_SIG.pdf.
- Ortiz-Cañavate, J., Hernanz. A. (1989). *Técnica de la Mecanización Agraria*. (3ª Ed.) Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- Osorio, N. (2012). *pH del suelo y disponibilidad de nutrientes*. Manejo Integral del Suelo y Nutrición Vegetal, Vol. 1 (4). <https://www.bioedafologia.com/sites/default/files/documentos/pdf/pH-del-suelo-y-nutrientes.pdf>.
- Pagiola, L., Ota, M. (1997). *La diversidad biológica o biodiversidad*. Citado por ALTIERI.
- Parra, C. A. & Benítez, K. S. (2021). *Aplicación de la técnica kriging para desarrollo de modelos geoestadísticos para Nitrógeno, Fósforo y Potasio en suelos ganaderos en el municipio de Suesca, departamento de Cundinamarca* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD]. Repositorio UNAD, <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/41912/caparrad.pdf?sequence=3&isAllo wed=y>

- Pashanasi, B. (2001). *Estudio cuantitativo de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonía peruana*. En: Acta Amazônica, 29 (3).
- Porta C.J., López-Acevedo R.M., Roquero D.C. (2003). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Ediciones Mundi Prensa. España. 3ª ed. 929 p.
- Porta, M., López, A., Roquero, C. (1999). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. 2ed. Ediciones Mundi Pren. Bilbao, España.
- Porras, A. (2016). *Método Kriging de inferencia espacial*. Centro de Investigación en Geografía y Geomática.
<https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/160/1/16-M%C3%A9todo%20Kriging%20de%20Inferencia%20espacial%20-%20Diplomado%20en%20An%C3%A1lisis%20de%20Informaci%C3%B3n%20Geoespacial.pdf>
- Quesada, H. (2002). *Cultivo e industria de la palma aceitera*. Infoagro.
<http://www.Ecuador.gov.ec/ecuagro/paginas/tecno/tec.palma.html>.
- Ramírez, W. (1999). *Estimating sample size for inference about the Shannon- Weaver and the Simpson indices of diversity*. For. Ecol. Manage. 78, 1- 3, 71-84.
- Ramos, Andrea, Durango, Jorge, Grandett, Garnier, Díaz, Basilio, & Barrera, José L. (2006). *Evaluación de las diferentes formas de potasio en suelos de la zona platanera de Córdoba (Colombia)*. Agronomía Colombiana, 24(2), 334-339. Retrieved January 13, 2023, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652006000200017&lng=en&tlng=es.
- Raygada, (2005). *Evaluación de diferentes sistemas de mantenimiento de la corona de palma aceitera sobre la absorción de potasio*. 2008: TESIS, impresión.
- Redrován, K. J. (2018). *Aplicación de sistemas de información geográfica para el análisis espacial para la variable radiación solar en la ciudad de Cuenca*. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana-Sede Cuenca]. Repositorio UPS, <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15631/1/UPS-CT007681.pdf>
- Revelo, M. (2002). *Palmicultura moderna*. En M. Revelo, Palmicultura moderna, orientación para productores y empresarios (pág. 10). Bogotá, Colombia: Galrobayo.

- Rivera, D. (2018). *Efecto de diferentes sistemas de uso en las propiedades fisicoquímicas del suelo con el método SUSS; en el sector Papayal, Castillo Grande, Leoncio Prado – 2018*. [Tesis Ing. conservación de suelos. Universidad Nacional Agraria de la Selva]. 102 p. https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1555/RCDA_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Romig, D.E., Garlynd, M.J., Harris, R.F. y McSweeney, K. (1995). *How farmers assess soil health and quality*. J. Soil Water Conservation 50: 229-236.
- Ross, M. (2004). *Importancia del magnesio para altos rendimientos sostenibles en palma de aceite*. Vol. 25 N° Especial, Tomo II. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/download/1071/1071>.
- SEMARNAT. (2002). NOM-021-RECNAT-2000-. *Norma oficial mexicana NOM021-RECNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreos y análisis*. Diario Oficial de la Nación. México, D.F.
- Silva, H; Fonseca, R., Guedes Filho, R. (2000). *Características productivas y digestibilidad de la harina de hojas de yuca en dietas para pollos de engorde con o sin adición de enzimas*. Rev. Bras. Zootec., 29 (3): 823-829
- Simón. O., Luna, A., Pérez, A., Guidaldez, O. (2005). *Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo*. Departamento de agricultura de los Estados Unidos.
- Soil Survey Staff. (1993). *Soil survey manual*. United States Department of Agriculture. Hnbk no. 18 U.S. Gov. Printing Office, Washington, DC.
- Stewart, D.P.; Cameron, K.C.; Cornforth, I.S.; Sedcole, J.R. (1998). *Effects of spent mushroom substrate on soil physical conditions and plant growth in an intensive horticultural system*. Australian Journal of Soil Research 36(6): 899- 912.
- United States Department of Agriculture. [Usda]. (1999). *Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo*. Departamento de agricultura de los Estados Unidos.
- Vásquez, J.R., Baena, D., & Menjivar, J.C. (2010). *Variabilidad espacial de propiedades físicas y químicas en suelos de la granja experimental de la Universidad del Magdalena (Santa Marta, Colombia)*. Acta Agronómica, 59(4), 449-456. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122010000400009&lng=es&tlng=es.

- Wild, A. (1992). *Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell*. Madrid, Ediciones Mundiprensa,. 1045 p.
- Yaros, M., (2016). *Uso sustentable del suelo en diferentes sistemas de cultivo en el distrito de Padre Felipe Luyando –Naranjillo*. [Tesis Ing. conservación de suelos. Universidad Nacional Agraria de la Selva]. 79p. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1067>.
- Zagal, Erick, & Córdova, Carolin. (2005). *Soil Organic Matter Quality Indicators in a Cultivated Andisol*. *Agricultura Técnica*, 65(2), 186-197. <https://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072005000200008>
- Zavala, S. W. (1999). *Estudio Morfopedológico Como base para la recuperación de suelo Degradados en Tingo María*. [Tesis de Maestría]. Universidad Nacional Agraria la Molina. La Molina Perú.
- Zavaleta, G. (1992). *Edafología. El suelo en relación con la producción*. Consejo Nacional de Concentración y Tecnología. Lima, Perú.
- Zerpa, G. (2006). *Acción del pisoteo de la hacienda sobre la estabilidad estructural de un suelo*. En: IV Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo y Reunión Internacional de Rhizosfera. 2 p.
- Zuñiga, L., Benigno, C. (2007). *Caracterización y distribución espacial de suelos aluviales hidromorficos con palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq) en Palma del Espino*. Universidad Agraria La Molina, tesis de Posgrado.

ANEXO

Anexo A. Panel fotográfico.



Figura 8. Georreferenciación de la calicata 1



Figura 9. Muestreo de suelo calicata 1

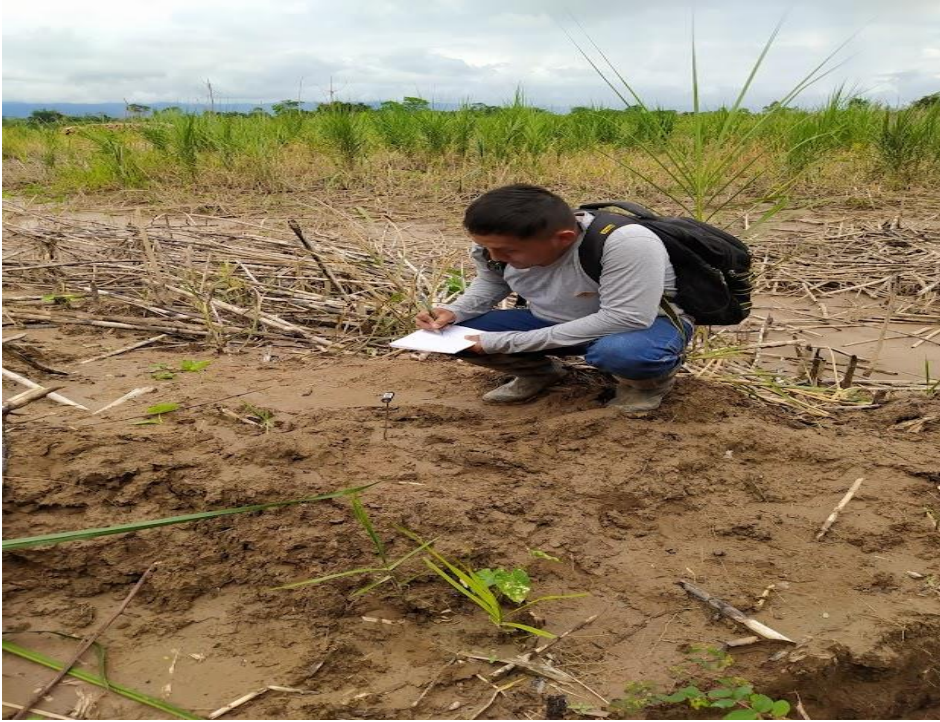


Figura 10. Toma de temperatura ambiente calicata 1



Figura 11. Medición de la profundidad del perfil calicata 1



Figura 12. Muestreo de suelo del perfil calicata 2



Figura 13. Toma de temperatura ambiente calicata 2



Figura 14. Apertura del hoyo de la calicata 3



Figura 15. Apertura del hoyo de la calicata 4



Figura 16. Toma de datos de los cultivos de la calicata 3



Figura 17. Medición de la profundidad del perfil calicata 4

Anexo B. Resumen de datos recolectados.

Tabla 50. Valores de la textura del suelo de la Isla Ventenjebe.

N° Muestra	Calicata	Textura	Partículas de suelo			
			Arena	Arcilla	Limo	
M - 1			27	16	57	
M - 2			23	16	61	
M - 3	Cal - 1	Franco	17	26	57	
M - 4		Limoso	9	18	73	
M - 5			27	14	59	
M - 1				29	22	49
M - 2				49	12	39
M - 3	Cal - 2	Franco	51	12	37	
M - 4			37	16	47	
M - 5			41	14	45	
M - 1				37	12	51
M - 2				31	16	53
M - 3	Cal - 3	Franco	17	16	67	
M - 4		Limoso	19	20	61	
M - 5			21	16	63	
M - 1				15	28	57
M - 2		Cal - 4	Franco	25	34	41
M - 3	Arcillo		21	32	47	
M - 4	Limoso		11	40	49	
M - 5			17	30	53	

Tabla 51. Valores promedios derivados de la recolección de datos de las propiedades físicas del suelo de la Isla Ventenjebe.

Área de estudio	Nº de calicata	Profundidad (cm)	Densidad Aparente (kg/cm ³)	Resistencia a la penetración (kg/cm ²)	Niveles de resistencia a la penetración
Isla Ventenjebe	C - 1	8	1,40	1,50	Suelos suaves
		27	1,45	1,60	
		18	1,50	1,80	
		22	1,55	1,70	
		20	1,55	1,75	
	C - 2	20	1,40	1,80	
		39	1,45	1,75	
		18	1,55	1,85	
		19	1,50	1,90	
		24	1,45	1,87	
	C - 3	15	1,45	2,00	
		19	1,50	1,90	
		15	1,45	1,95	
		16	1,50	1,80	
		30	1,45	1,85	
	C - 4	28	1,45	1,75	
		16	1,40	1,70	
		18	1,50	1,80	
		27	1,50	1,78	
		19	1,55	1,81	

Tabla 52. Valores promedios derivados de la recolección de datos de las propiedades químicas del suelo en la Isla Ventenjebe.

Calicatas	MO	pH	N	P	K	CIC	Ca	Mg
M 1 - Cal - 1	1,34	7,9	0,07	14,75	122,2	7,98	6,50	0,89
M 2 - Cal - 1	1,26	8,1	0,06	37,71	72,09	7,27	5,7	0,78
M 3 - Cal - 1	0,95	8	0,05	7,87	30,36	5,81	4,8	0,72
M 4 - Cal - 1	0,8	8,2	0,04	11,95	27,99	5,25	4,4	0,7
M 5 - Cal - 1	0,59	8,2	0,03	9,55	26,36	5,03	4,2	0,7
M 1 - Cal - 2	1,31	8,1	0,07	16,11	105,45	6,28	4,9	0,78
M 2 - Cal - 2	1,18	8,4	0,06	16,35	57,72	5,83	4,7	0,71
M 3 - Cal - 2	0,82	8,3	0,04	14,27	41,36	5,56	4,56	0,68
M 4 - Cal - 2	0,72	8,3	0,04	9,55	31,86	5,12	4,2	0,64
M 5 - Cal - 2	0,62	8	0,03	9,63	30,61	4,89	4	0,62
M 1 - Cal - 3	0,72	8,1	0,04	13,15	74,59	6,6	5,4	0,76
M 2 - Cal - 3	0,69	8,1	0,03	12,19	53,98	6,22	5,20	0,72
M 3 - Cal - 3	0,59	8,2	0,03	10,11	53,73	5,4	4,5	0,61
M 4 - Cal - 3	0,57	8,1	0,03	9,39	36,73	4,87	4	0,58
M 5 - Cal - 3	0,51	8,3	0,03	12,11	29,36	4,26	3,5	0,5
M 1 - Cal - 4	1,13	8	0,06	11,79	56,98	9,51	7,8	1,29
M 2 - Cal - 4	1,03	7,8	0,05	10,51	50,23	8,95	7,4	1,17
M 3 - Cal - 4	0,82	7,7	0,04	11,95	35,61	8,33	6,9	1,12
M 4 - Cal - 4	0,75	7,5	0,04	12,99	27,44	7,85	6,5	1,05
M 5 - Cal - 4	0,67	7,3	0,03	15,63	23,61	6,89	5,8	0,82

MO: Materia orgánica; pH: potencial de hidrógeno; N: nitrógeno; P: fósforo, K: potasio; CIC: capacidad de intercambio catiónico; Ca: calcio; Mg: magnesio,

Tabla 53. Valores de las propiedades físicas y químicas del suelo para determinar el SUSS de la Isla Ventenjebe,

Sector Indicador	P	SUS								
	MO	Densidad Aparente	pH	P	Mg	Ca	CIC	N		
M 1 - C1	0,19	0,15	2,41	1,84	0,30	1,30	0,30	0,08	0,82	<u>0,83</u>

M 2 - C1	0,17	0,26	2,64	4,71	0,26	1,14	0,22	0,04	1,18	
M 3 - C1	0,10	0,47	2,52	0,98	0,24	0,96	0,08	0,00	0,67	
M 4 - C1	0,07	0,57	2,74	1,49	0,23	0,88	0,02	-0,04	0,75	
M 5 - C1	0,02	0,79	2,71	1,19	0,23	0,84	0,00	-0,08	0,71	
M 1 - C2	0,18	0,26	2,60	2,01	0,26	0,98	0,13	0,08	0,81	
M 2 - C2	0,15	0,47	2,91	2,04	0,24	0,94	0,08	0,04	0,86	
M 3 - C2	0,07	0,15	2,83	1,78	0,23	0,91	0,06	-0,04	0,75	0,74
M 4 - C2	0,05	0,36	2,80	1,19	0,21	0,84	0,01	-0,04	0,68	
M 5 - C2	0,03	0,15	2,57	1,20	0,21	0,80	-	0,01	-0,08	0,61
M 1 - C3	0,05	0,47	2,67	1,64	0,25	1,08	0,16	-0,04	0,79	
M 2 - C3	0,04	0,36	2,61	1,52	0,24	1,04	0,12	-0,08	0,73	
M 3 - C3	0,02	0,57	2,72	1,26	0,20	0,90	0,04	-0,08	0,70	
M 4 - C3	0,02	0,15	2,66	1,17	0,19	0,80	-	0,01	-0,08	0,61
M 5 - C3	0,00	0,26	2,78	1,51	0,17	0,70	-	0,07	-0,08	0,66
M 1 - C4	0,14	0,47	2,50	1,47	0,43	1,56	0,45	0,04	0,88	
M 2 - C5	0,12	0,36	2,40	1,31	0,39	1,48	0,39	0,00	0,81	
M 3 - C5	0,07	0,47	2,28	1,49	0,37	1,38	0,33	-0,04	0,79	0,79
M 4 - C5	0,06	0,15	2,12	1,62	0,35	1,30	0,28	-0,04	0,73	
M 5 - C5	0,04	0,26	1,95	1,95	0,27	1,16	0,19	-0,08	0,72	

MO: Materia orgánica; DA: densidad aparente; pH: potencial de hidrógeno; P: fósforo, Mg: magnesio; Ca: calcio; CIC: capacidad de intercambio catiónico; N: nitrógeno;



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

analisisdesuelosunas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE: VERASTEGUI CHUJUTALLI ALEX JHUNIOR PROCEDENCIA: SECTOR: FRENTE BENTEJEBE (ISLA) - TOCACHE - SAN MARTIN

N°	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO			pH	M.O.	N	P	K	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	% Bas. Camb.	% Ac. Camb.	% Sat. AI					
	CODIGO DEL LAB.	REFERENCIA	Arena	Arcilla	Limo							Textura	1:1	%	disponible		Ca					Mg	K	Na	Al	H
			%	%	%										ppm	ppm										
1	S0774-1	C1H1	27	16	57	Franco Limoso	7.85	1.34	0.07	14.75	122.20	7.98	6.50	0.89	0.42	0.17	--	--	--	100	0	0				
2	S0774-2	C1H2	23	16	61	Franco Limoso	8.10	1.26	0.06	37.71	72.09	7.27	5.70	0.78	0.32	0.47	--	--	--	100	0	0				
3	S0774-3	C1H3	17	26	57	Franco Limoso	7.97	0.95	0.05	7.87	30.36	5.81	4.80	0.72	0.16	0.13	--	--	--	100	0	0				
4	S0774-4	C1H4	9	18	73	Franco Limoso	8.21	0.80	0.04	11.95	27.99	5.25	4.40	0.70	0.07	0.07	--	--	--	100	0	0				
5	S0774-5	C1H5	27	14	59	Franco Limoso	8.18	0.59	0.03	9.55	26.36	5.03	4.20	0.70	0.06	0.07	--	--	--	100	0	0				
6	S0774-6	C2H1	29	22	49	Franco	8.06	1.31	0.07	16.11	106.45	6.28	4.90	0.78	0.37	0.22	--	--	--	100	0	0				
7	S0774-7	C2H2	49	12	39	Franco	8.40	1.18	0.06	16.35	57.72	5.83	4.70	0.71	0.26	0.17	--	--	--	100	0	0				
8	S0774-8	C2H3	51	12	37	Franco	8.31	0.82	0.04	14.27	41.36	5.56	4.56	0.68	0.18	0.14	--	--	--	100	0	0				
9	S0774-9	C2H4	37	16	47	Franco	8.28	0.72	0.04	9.55	31.86	5.12	4.20	0.64	0.16	0.13	--	--	--	100	0	0				
10	S0774-10	C2H5	41	14	45	Franco	8.03	0.62	0.03	9.63	30.61	4.89	4.00	0.62	0.14	0.13	--	--	--	100	0	0				
11	S0774-11	C3H1	37	12	51	Franco Limoso	8.14	0.72	0.04	13.15	74.59	6.60	5.40	0.76	0.29	0.14	--	--	--	100	0	0				
12	S0774-12	C3H2	31	16	53	Franco Limoso	8.07	0.69	0.03	12.19	53.98	6.22	5.20	0.72	0.16	0.14	--	--	--	100	0	0				
13	S0774-13	C3H3	17	16	67	Franco Limoso	8.19	0.59	0.03	10.11	53.73	5.40	4.50	0.61	0.16	0.14	--	--	--	100	0	0				
14	S0774-14	C3H4	19	20	61	Franco Limoso	8.13	0.57	0.03	9.39	36.73	4.87	4.00	0.58	0.15	0.13	--	--	--	100	0	0				
15	S0774-15	C3H5	21	16	63	Franco Limoso	8.26	0.51	0.03	12.11	29.36	4.26	3.50	0.50	0.13	0.13	--	--	--	100	0	0				
16	S0774-16	C4H1	15	28	57	Franco Arcillo Limoso	7.95	1.13	0.06	11.79	56.98	9.51	7.80	1.29	0.23	0.19	--	--	--	100	0	0				
17	S0774-17	C4H2	25	34	41	Franco Arcillo Limoso	7.84	1.03	0.05	10.51	50.23	8.95	7.40	1.17	0.23	0.16	--	--	--	100	0	0				
18	S0774-18	C4H3	21	32	47	Franco Arcillo Limoso	7.71	0.82	0.04	11.95	35.61	8.33	6.90	1.12	0.16	0.15	--	--	--	100	0	0				
19	S0774-19	C4H4	11	40	49	Franco Arcillo Limoso	7.53	0.75	0.04	12.99	27.74	7.85	6.50	1.05	0.16	0.14	--	--	--	100	0	0				
20	S0774-20	C4H5	17	30	53	Franco Arcillo Limoso	7.34	0.67	0.03	15.63	23.61	6.89	5.80	0.82	0.14	0.13	--	--	--	100	0	0				

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

RECIBO 001 N° 063809

TINGO MARIA, 09 DE AGOSTO 2021

[Firma manuscrita]
 Laboratorio de Análisis de Suelos



Figura 18. Análisis de suelos Isla Ventenjebe, distrito Tocache