

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA TROPICAL



**“CLASIFICACIÓN DE TIERRAS SEGÚN SU APTITUD PARA EL RIEGO
EN LA CUENCA CHIRUMBIA, DISTRITO DE QUELLOUNO,
PROVINCIA LA CONVENCION – CUSCO”**

Tesis Presentada por el Bachiller en Ciencias Agrarias:

CENTENO CASTILLO HITLER VICHY

**Para optar al Título Profesional de
INGENIERO AGRÓNOMO TROPICAL.**

ASESOR:

Dr. CARLOS JESÚS BACA GARCÍA

LA CONVENCION - CUSCO – PERÚ

2017

DEDICATORIA

A mi señor Padre Celestial Jehová y en el nombre de su hijo Jesús por darme una vida en este mundo tan lindo y maravilloso.

A mi Papa Daniel Centeno Flores por mostrar el interés y el apoyo incondicional en momentos de alegría, triunfos y tristezas, siempre velando la seguridad de su familia.

A mi linda hermosa Mama, Dora Castillo Quispe, por haberme formado e instruido con su actitud de madre, hasta a veces de padre, con todo su cariño, voluntad y amor de una manera incondicional, Nunca olvidare por el honor de madre que salvo mi vida a una edad temprana.

A mis Hermanos: William, Darwin, Lisbeth, Edith, Norma, siempre aportando sus más sinceros de motivación, orientación, conocimientos, económicamente, etc. para la cimentación de mi trabajo de investigación y formación profesional.

Seguidamente, A mi Padrino Augusto Tirado Béjar, una persona que se caracterizó de corazón noble en apoyo desde muchos puntos de vista para la culminación de mi trabajo de Investigación, igualmente a mi madrina Martha Baca Campana, siempre su aporte fue interesante con motivaciones, tomas de decisiones, guiándome y recibiendo muy buenos consejos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi casa de estudios “Tricentenario Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco” y muy especialmente a mis señores Docentes de las distintas disciplinas de la Escuela Profesional de Agronomía Tropical, por enseñar y compartir sus sabios conocimientos a través de la trayectoria de sus experiencias que acogieron en distintas áreas o disciplinas.

A las lindas educadoras y formadoras, Profesora María Lina Ojeda Montes y Juana Yusi Campana Figueroa, primero por haberme entendido y enseñado como todo una maestra Educadora.

A mi Asesor Dr. Carlos Jesús Baca García, por orientarme en la estructuración, aporte y conocimiento, consejos en Redacción de mí Trabajo de Tesis.

También por el apoyo incondicional en la elaboración de tesis Ing. Danilo Luza Pezo, Ing. Cesar José pinto Tapia, etc.

Por ultimo a la Srta. Felicia Taipe Peña, a través de sus incentivos y motivaciones llegue a concluir mi trabajo de investigación. Y a mis amigos(as) de mi facultad, que en momentos buenos y malos siempre estaban presentes: Gustavo Q, Ebert S, Hebert, Samuel, Rómulo, José cameron, Crisologo, etc.

RESUMEN

LA “CLASIFICACIÓN DE TIERRAS SEGÚN SU APTITUD PARA EL RIEGO EN LA CUENCA CHIRUMBIA, DISTRITO DE QUELLOUNO, PROVINCIA LA CONVENCION – CUSCO”, se realizó en mes de noviembre del 2015 a mayo del 2016, y octubre 2015 a abril del 2017, con la siguiente metodología de: Bibliografía de FAO, ROMA, (2009), Guía para la descripción de Suelos - SOIL SURVEY MANUAL Y JARAMILLO, D. (2002) y “Manual de Clasificación de Tierras con fines de Riego” (Traducido por Antonio Estrada R), United States of The interior, USA,1979 y objetivos específicos:

- Determinar la caracterización física y química de suelos.
- Determinar la velocidad de infiltración por el método de cilindro de doble anillo Concéntrico.
- Determinar las tierras por clases y subclases por aptitud para el riego.

Por consiguiente el trabajo de investigación se resume de la siguiente manera: Las características físico químicos de los suelos son: clases texturales franco arenosos, color de suelo en seco es 7.5 YR y 10 YR, tierra no salinos, profundidad efectiva excelente de 0 – 1.55 m, capa arable profundo de 0-0.5 m, topografía empinado a moderadamente empinado (12 a 50 %), bajo Capacidad de Intercambio Catiónico (C.IC), Materia Orgánica baja a media (MO), fertilidad baja a media, contenido de carbonatos en mínimas proporciones (0.11 – 0.88 ppm), por efecto que no interfieren en su crecimiento y desarrollo de las plantas, pH neutro a ligeramente alcalino de escala (6.6 a 7.8).

Respecto a la velocidad de infiltración de agua por el método de cilindro de doble anillo concéntrico es: moderado a moderadamente rápido (1.16 – 6.82 cm/hr), es

decir la cantidad de lámina de agua que penetra en el suelo, puede mojar homogéneamente, sin provocar inundación o escorrentía. Determinadas las características edafológicas físico químico, se pasó a identificar su aptitud de la tierra agrícola para riego y misceláneos. Clase: II apto se determinó con 8.19 ha (0.43%), además con dos (2) sub clases 2t/L34B, 2t/L34B.

Clase III apto se determinó con 326.16 ha (16.93 %), que comprende los sectores: Santa María con 127.94 ha (39.23 %), Cochayoc con 70.91 ha (21.74 %), Sinkitoni con 68.69 ha (21.06 %), Mercedesniyoc con 29.42 ha (9.02 %) y Campanayoc con 29.2 ha (8.95 %), además con diez (10) Sub Clases: 3td/L33B, 3st/L33B, 3t/L33B, 3st/L230B, 3std/L24B, 3sd/L33B, 3sd/L34B, 3st/L43B, 3t/L24B, 3t/L23B.

La clase IV aptitud limitada se determinó con 706.86 ha (36.68 %), comprende los siguientes sectores: Santa María con 45.74 ha (6.47 %), Cochayoc con 360.81 ha (51.04 %), Sinkitoni con 92.22 ha (13.05 %), Huallpacalduyoc con 25.25 ha (3.57 %), mercedesniyoc con 113.4 ha (16.04%) y Campanayoc con 69.44 ha (9.82 %), además con diez (10) Sub Clases 4std/L42B, 4std/L34B, 4st/L43B, 4st/L33B, 4st/L44B, 4st/L42B, 4st/L51B, 4sd/L33B, 4t/L34B, 4t/L24B.

La clase V- VI tierras sin uso o no aptos se determinó con 885.83 ha (45.97 %). Que comprende áreas misceláneos: bosques, viviendas, carreteras, caminos y otros, en los siguientes sectores: Santa María con 42.7 ha (5%), Cochayoc con 585.37 ha (66 %), Sinkitoni con 59.13 ha (7%). Huallpacalduyoc con 169.78 (19 %) mercedesniyoc con 23.2 ha (3 %) y Campanayoc con 5.65 ha (1%), además con doce (13) Sub Clases: 5st/M, 5sd/H, 5st/M-H, 5t/M-H, 5st/H, 6s/H-M, 6st/H-M, 6st/M-H, 6t/M-H, 6st/M, 6st/H, 6st/H, 6s/M-H.

ÍNDICE

I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 Identificación del Problema Objeto de Estudio	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo General.....	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
III. JUSTIFICACIÓN	4
IV. MARCO TEORICO	5
4.1 Antecedentes	5
4.2 El Suelo	6
4.2.1 Los horizontes del Suelo	6
4.2.2 Propiedades físicas del suelo.....	12
4.2.3 Propiedades fisicoquímicas.....	19
4.2.4 Contenido de macronutrientes y otros.....	21
4.3 El Riego	23
4.4 Movimiento de Agua en el Suelo.....	23
4.4.1 La infiltración	24
4.5 Clasificación de tierra por su aptitud para el riego.....	28
4.5.1 Principios Básicos	28
4.5.2 Factores de Clasificación de la Tierra con fines para Riego.....	29
4.5.3 Descripción de Las Clases	32
4.5.4 Mapas.....	35
V. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	36
5.1 Ubicación espacial y temporal de la investigación	36
5.1.1 Ubicación política	36
5.1.2 Ubicación Geográfica	36
5.1.3 Ubicación Hidrográfica	36
5.1.4 Ubicación Ecológica	36
5.1.5 Materiales y Métodos	37
5.1.6 Metodologías	38

VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES	44
VII. CONCLUSIONES.....	76
VIII. RECOMENDACIONES	78
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	79
X. ANEXOS	81

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Perfil morfológico de suelo.....	6
Figura N° 2. Triangulo de texturas	13
Figura N° 3. Ejemplos de tipos de Estructura	15
Figura N° 4. Simbología de Clasificación de tierras en Subclases para riego..	42

INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1. Nomenclatura de los horizontes y capas maestros del suelo.....	11
Cuadro N° 2. Descripción de las principales clases de partículas del suelo. ...	12
Cuadro N° 3. Rango en (%) de contenido de Arena, Limo, Arcilla.....	12
Cuadro N° 4. Estructura de suelos.....	14
Cuadro N° 5. Calificación de la adhesividad del suelo	16
Cuadro N° 6. Clasificación de la plasticidad del suelo	17
Cuadro N° 7. Consistencia de suelo en seco.....	18
Cuadro N° 8. Consistencia de la masa de suelo en Húmedo	19
Cuadro N° 9. Clasificación del PH del Suelo.....	19
Cuadro N° 10. Clases de salinidad de la C.E del Suelo.....	20
Cuadro N° 11. Clasificación de Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C)	21
Cuadro N° 12. Tabla de interpretación de análisis de nitrógeno total (%).....	21
Cuadro N° 13. Tabla de interpretación de análisis de nitrógeno total (%).....	22
Cuadro N° 14. Niveles de contenido de materia Orgánica en %.....	22
Cuadro N° 15. Clasificación del diámetro de las raíces	22
Cuadro N° 16. Velocidad y Clases de infiltración de Agua (cm/hr)	25
Cuadro N° 17. Capacidad Productiva	30
Cuadro N° 18. Costos de desarrollo de tierra	30
Cuadro N° 19. Requerimiento de agua	31
Cuadro N° 20. Velocidad de infiltración de Agua.	60
Cuadro N° 21. Superficie de clases y sub clases de tierras por aptitud para riego	75

INTRODUCCIÓN

El estudio y clasificación de tierras con fines de riego se inició en los estados unidos en 1902, y su necesidad ha ido aumentando a medida que pasa el tiempo, en tal sentido los proyectos de riego fueron más complejos y extensos a nivel de perfil y expediente técnico, debido a la especificidad que contemplan en su marco de desarrollo. En 1924, el departamento del Interior asumió la responsabilidad de velar porque todo proyecto de riego vaya precedido por un completo estudio de suelos, de tal forma que las tierras tengan un ordenamiento y clasificación según la aptitud que corresponda.

La clasificación de tierras por su aptitud para riego, propone alternativas de solución como: ocupar las tierras no laboradas, suministrar riego a las parcelas, evalúa su topografía, etc. Todo ello puede sostener una agricultura rentable como para poder mantener en condiciones normales a una familia, cuando tales tierras se trabajen siguiendo una programación agrícola adecuada. Sin embargo el factor problema es por sus fuentes de tierras apropiadas para uso agrícola son escasas a causa de sus características topo fisiográficas con superficies de laderas, montañas y lomadas. Por lo tanto con esta situación muchos agricultores incapacitados para encontrar trabajo y subsistir su propio ambiente en su Zona migran a ciudades.

Para la siguiente Clasificación de tierras según su aptitud para el riego, se consideró más apropiado el método de cartografía libre realizado en mayo del 2016, siendo de primera naturaleza para la zona en los siguientes sectores: Santa María, Cochayoc, Sinkitoni, Huallpacalduyoc, Mercedesniyoc, Campanayoc. Utilizando un plano de parcelamiento a escala 1:5.000. En los sitios que se indican en el mapa de clases y sub clases. Se tomaron muestras de suelos para efectuar los

correspondientes análisis Físico – Químico, atendiendo a las características edafológicas de los suelos. Para el tema de infiltración de agua, se tomó la metodología empleada de Gurovich A. L. (1985). Fundamentos y Diseños de Sistemas de Riego. San José, Costa Rica, primera edición IICA. Pág. 151., Valle de Chilca, (1994), clasificación de tierras con aptitud para riego, Olarte Hurtado (2000), principios de irrigación.

I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

1.1 Identificación del Problema Objeto de Estudio

A nivel mundial se ha estimado que cada año, el riego saca de la producción una cantidad de terreno que es igual a la porción que entra en servicio bajo riego, debido al deterioro del suelo, principalmente la salinización, saturación, causada principalmente por el drenaje inadecuado, riego excesivo. Algunos países con una demanda de alimentos en rápido crecimiento son también los que se enfrentan a una elevada escasez de tierras o agua, es muy probable que la mayor contribución al aumento de la producción agrícola provenga de la intensificación de la producción en las tierras agrícolas existentes. Por lo tanto requerirá la adopción generalizada de prácticas sostenibles de ordenación de tierras y una utilización más eficiente del agua de riego a través de una mayor flexibilidad y previsibilidad. El desarrollo de sistema de riego se dirigió a estructuras hidráulicas, embalses de acumulación o regulación y canales principales de conducción, pero no se prestó suficiente atención a factores como el manejo de agua en predios agrícolas o la relación entre el suelo, planta, agua. Entre tanto se menciona el incremento de la superficie de área regada en el mundo a través de proyectos en etapa de planificación y factibilidad; en el año 1800 es de 8 millones ha, 48 millones ha (1900), 92 millones ha (1949), 149 millones ha (1959) y sobre 200 millones ha (1970). (Gurovich A. L. (1985).

Solo a partir de las últimas décadas se ha enfrentado el riego con un enfoque científico racional que permita utilizar el recurso de agua mayor eficiencia, minimizando efectos adversos como la erosión, el drenaje deficiente y la salinización de los suelos. En América Latina las obras de riego y drenaje son comparativamente nuevas y han sido ejecutadas principalmente por el esfuerzo

individual por la empresa privada con el apoyo del estado, acentuándose esta situación cada vez más en los últimos años. Además existen problemas como la falta de fondos, deficiente manejo de tierra y la baja rentabilidad de la agricultura han limitado el progreso del riego y el drenaje en nuestras regiones.

El área de influencia con la investigación ha constado en la cuenca Chirumbia en los siguientes sectores: Santa María, Cochayoc, Sinkitoni, Huallpacalduyoc, Mercedesniyoc, Campanayoc. Se identificó detenidamente los siguientes problemas diferenciándolos en Factores agrologicos: deficiencia de suelos como para poder desarrollar una agricultura, topografía accidentada. En Factores económicos: uso de la tierra, tierras cultivadas sin riego, desarrollo de la tierra, productividad, requerimiento de agua, etc. Para tal efecto se ha elegido a investigar en clasificar los suelos según su aptitud para riego, para determinar la cantidad y calidad de tierras por la aptitud.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Clasificar las Tierras según su aptitud para el riego en la cuenca Chirumbia, distrito de Quellouno, provincia la Convención – Cusco.

2.2 Objetivos específicos

2.2.1 Determinar la caracterización física y química de suelos.

2.2.2 Determinar la velocidad de infiltración por el método de cilindro de doble anillo Concéntrico.

2.2.3 Determinar las tierras por clases y subclases por aptitud para el riego.

III. JUSTIFICACIÓN

Se necesita conocer sus propiedades fisicoquímicos de las tierras como: su textura, estructura, fertilidad, constantes hídricas, carbonatos, CIC, alcalinidad, etc. Aparte de ello se hace por primera vez el trabajo de investigación en dicha zona.

El método de cilindro de doble anillo concéntrico sirve para determinar la velocidad e infiltración por unidad de tiempo (cm/hr), para saber cuánto de agua de infiltra por unidad de tiempo en un terreno o sector determinado; es decir la lámina de agua expresado en (cm/hr), y el dato obtenido es importante para diseñar sistemas de riego por el proyecto.

La clasificación de tierras por aptitud de riego es la combinación de factores agrologicos y económicos que es diseñado en el mapa de aptitud para el riego, tiene como objetivo final de agrupar, delimitar aquellas tierras agrícolas en cantidad y calidad para el uso apropiado de tierra y agua.

IV. MARCO TEORICO

4.1 Antecedentes

1. "ESTUDIO AGROLOGICO Y CLASIFICACION DE TIERRAS CON FINES PARA RIEGO, DETALLADOS DEL ASENTAMIENTO CAMPESINO - EL PAO

En Conclusión:

- a) Que, en el presente estudio se establecieron y describieron 5 series: los pinos, el Pao, los aceites y la sabana de Pao.
- b) los factores suelo, topografía y drenaje, demás condiciones que controlan y determinan la clasificación taxonómica de los suelos y clases de tierra para riego son en un alto % desfavorables: solo pequeñas porciones del asentamiento que se encuentran aisladas e irregularmente distribuidas son aptas para el riego, lo que induce a descartar la posibilidad de construir un sistema de riego

2. "ESTUDIO AGROLOGICOS DE SEIS PEQUEÑAS IRRIGACIONES – OFICINA NACIONAL DE EVALUACION DE RECURSOS NATURALES"

En Conclusión:

3. Que, las tierras de la clase IV: de aptitud limitada con pendientes no mayores de 2%, de pobre fertilidad y baja capacidad productiva. se requieren prácticas muy intensas de manejo.
4. Realizaron la descripción de "CLASIFICACION DE TIERRAS CON FINES DE RIEGO. UNITED STATES DEPARTAMENT OF THE INTERIOR BUREAU OF RECLAMATION MANUAL.

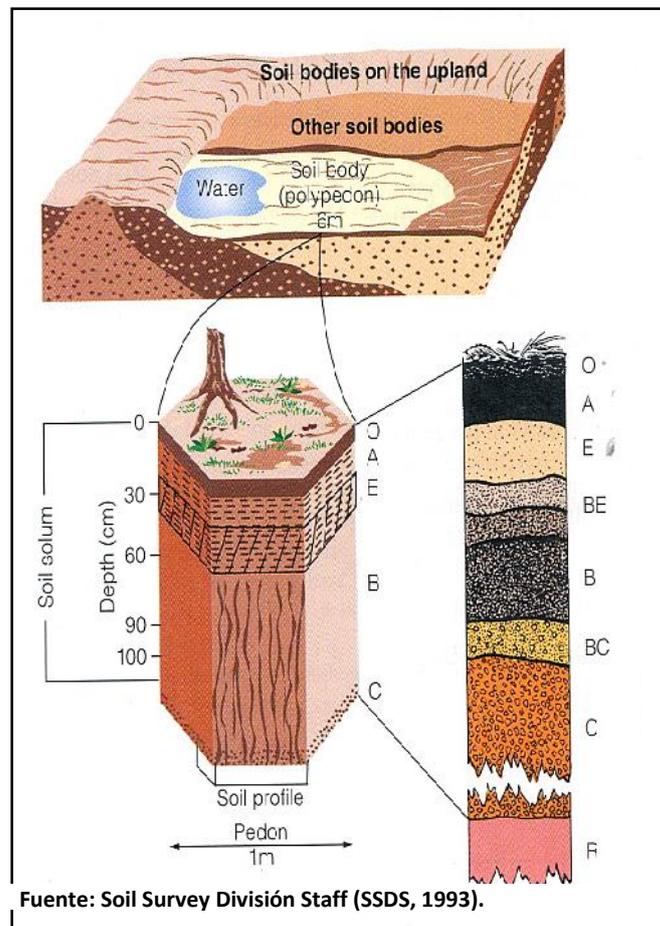
4.2 El Suelo

USDA. Soil Survey Staff, (1999), define: Es un cuerpo natural que comprende a sólidos (minerales y materia orgánica), líquidos y gases que ocurren en la superficie de las tierras, ocupando un espacio, que se caracteriza por: horizontes o capas.

4.2.1 Los horizontes del Suelo

El Soil Survey División Staff (SSDS, 1993). Define: 6 horizontes o capas maestros en el suelo, los cuales simboliza con las letras mayúsculas: O, A, E, B, C y R.

Figura N° 1. Perfil morfológico de suelo



A. Horizontes Orgánicos

Soil Survey División Staff (SSDS, 1993). Son horizontes que contienen un porcentaje (%) alto de materia orgánica, que generalmente rebasa el 25% del contenido en peso del horizonte.

Se subdividen en:

❖ Horizonte “O”

Son porciones del suelo dominadas por materiales orgánicos; no importa si estos materiales han estado o no saturados con agua; tampoco importa el grado de descomposición que tengan dichos materiales orgánicos para merecer el símbolo O.

En los horizontes o capas O, los materiales minerales representan un mínimo porcentaje del volumen de ellos y mucho menos de la mitad de su masa; generalmente, ellos se encuentran en la superficie de suelos minerales, aunque pueden presentarse enterrados por horizontes o capas minerales; también hay suelos donde todos los horizontes y capas son O.

Si la fracción mineral tiene arcilla se divide en dos sub horizontes:

- **Oí.** En los que se aprecian a simple vista restos orgánicos fácilmente reconocibles.
- **Oa.** Aquellos en restos orgánicos no pueden reconocerse a simple vista, por lo que es necesario utilizar un lente 10x o un microscopio de disección.

B. Horizontes minerales

❖ Horizonte “A”

MGAP-RENARE, (2014). Define que: Son horizontes minerales que se encuentran en la superficie del terreno o por debajo de un horizonte o capa O, si no son enterrados. Además, presentan: Acumulación de materia orgánica humificada, íntimamente mezclada con la fracción mineral del suelo y que no está dominado por características de horizontes E o B.

Se puede subdividir en los siguientes Sub horizontes:

- A₁. Sub horizonte que forma parte de la superficial del perfil o adyacente a ella,
- AB. Sub horizonte transicional entre el A y el B, tiene una parte superior dominadas por propiedades del A, y una parte dominada por del B, pero las dos partes no se pueden separar convenientemente en A₃ y B₁.
- A₂. (también llamado horizonte E). sus características sobresalientes son:
 1. Perdida severa de arcilla.
 2. Perdida de hierro o aluminio, con la resultante concentración de cuarzo, feldspatos potásicos y mica (muscovita) entre otros minerales resistentes a las fracciones de arena y limo.

❖ Horizonte “E”

Es un horizonte mineral que se caracteriza por presentar pérdidas de arcillas y/o sesquióxidos de Fe y Al, generando una acumulación de

partículas de arena y limo; generalmente está debajo de horizontes o capas O y A y sobre horizontes B; normalmente presenta colores más claros y texturas más gruesas que los horizontes A y B, que lo confinan.

❖ **Horizonte “B”**

MGAP-RENARE, (2014). Define que: Son horizontes minerales que se desarrollan por debajo de alguno de los horizontes descritos anteriormente. En éstos se ha perdido casi todo vestigio de la estructura original del material parental y se observa alguno de los siguientes rasgos pedológicos, solo o combinado con otros: Acumulación iluvial de arcillas, hierro, aluminio, humus, carbonatos, yeso y/o sílice. Remoción de carbonatos. Acumulación residual de sesquióxidos.

❖ **Horizonte “C”**

MGAP-RENARE, (2014). Define: que son horizontes o capas que han sido muy poco afectados por procesos pedogenéticos; en las capas C, se incluyen sedimentos, saprolitos y fragmentos de roca poco consolidados, que exhiben baja a moderada resistencia a la excavación; en los horizontes C, se incluyen aquellas porciones del suelo que tienen acumulaciones de sílice, carbonatos, yeso o sales más solubles, aún endurecidas, que no presenten relación genética con los horizontes suprayacentes.

❖ **Horizonte “R”**

Es la roca madre consolidada y subyacente, como granito, arenisca o caliza.

C. Horizontes combinados

En ocasiones, se presentan porciones dentro de los suelos que no tienen propiedades homogéneas en todo su espesor, sino que presentan características de dos horizontes o capas diferentes.

❖ Horizontes transicionales

Son aquellos horizontes dominados por las propiedades de alguno de los horizontes maestros, pero con propiedades subordinadas de otro; se simbolizan con dos letras mayúsculas, la primera de las cuales indica el horizonte maestro cuyas características son dominantes; la segunda letra indica el horizonte maestro que aporta las demás características del horizonte.

❖ Horizontes mezclados

Son aquellos en los cuales hay porciones específicas de un horizonte rodeadas por porciones de otro horizonte maestro. Se simbolizan por una fracción de dos letras mayúsculas, en la cual el numerador indica el horizonte maestro cuyas propiedades ocupan el mayor volumen del horizonte mezclado y la del denominador, indica el horizonte que aporta menos volumen a aquel; por ejemplo, en un horizonte A/B, las propiedades del horizonte A ocupan más espacio que las del B, dentro del horizonte A/B.

Cuadro N° 1. Nomenclatura de los horizontes y capas maestros del suelo

SIGNIFICADO ABREVIADO	
Oi	Residuos orgánicos muy poco descompuestos
0a - 0e	Residuos orgánicos fuerte y moderadamente descompuestos, respectivamente
A	Horizonte superficial con materia orgánica humificada y mezclada con la fracción mineral ó disturbado.
E	Eluvial de coloides del suelo
AB - EB	Transicional entre A y B o entre E y B
E/B	Mezclado de E y B
AC	Transicional entre A y C
BA - BE	Transicional entre B y A o entre B y E
B/E	Mezclado de B y E
B	Horizonte B característico
BC - CB	Transicional entre B y C o entre C y B
C	Sedimentos, roca fragmentada y saprolitos
R	Sustrato rocoso duro y continuo
W	Capa de agua en el suelo
2, 3, 4, etc.	Discontinuidad litológica

Fuente: SSS (1993)

❖ **Distinciones Subordinados dentro de los horizontes**

La sociedad internacional de ciencia de los suelos hace una serie de observaciones con relación a los horizontes y capas proponiendo que, para contar con una expresión más completa de estos horizontes, se utilizan los siguientes sufijos, en letras minúsculas:

“a”- Material Orgánico. Muy Descompuesto.

“b”- Horizonte Genético.

“c”- Concreciones o nódulos.

“d”- Materiales o sedimentos densos. (También llamado Densipan). Indica la ocurrencia natural o inducida por la actividad del hombre (Agricultura, ganadería, etc). Sobre el perfil de suelo.

“o”- Material orgánico con disposición intermedia. Se usa con “O” para indicar materiales orgánicos con un grado de descomposición que aún falta por identificar su origen.

4.2.2 Propiedades físicas del suelo

Esta sección describe la organización física primaria del arreglo de los constituyentes del suelo como:

A. Textura

CASTAÑÓN THONSON G. (2000), Determina que: Es aquella que expresa la disposición de los componentes minerales según su tamaño de las partículas del suelo.

Cuadro N° 2. Descripción de las principales clases de partículas del suelo.

PARTICULA	DIAMETRO (mm)	DESCRIPCION
Arena	2.00 – 0.005	Sus partículas individuales son observables a simple vista por su gran tamaño y forma irregular.
Limo	0.005 – 0.002	Su tamaño hace que sean observables al microscopio por la combinación de su área superficial y el tamaño de sus poros.
Arcilla	Menor 0.002	Son observables solo a través de microscopio electrónicos.

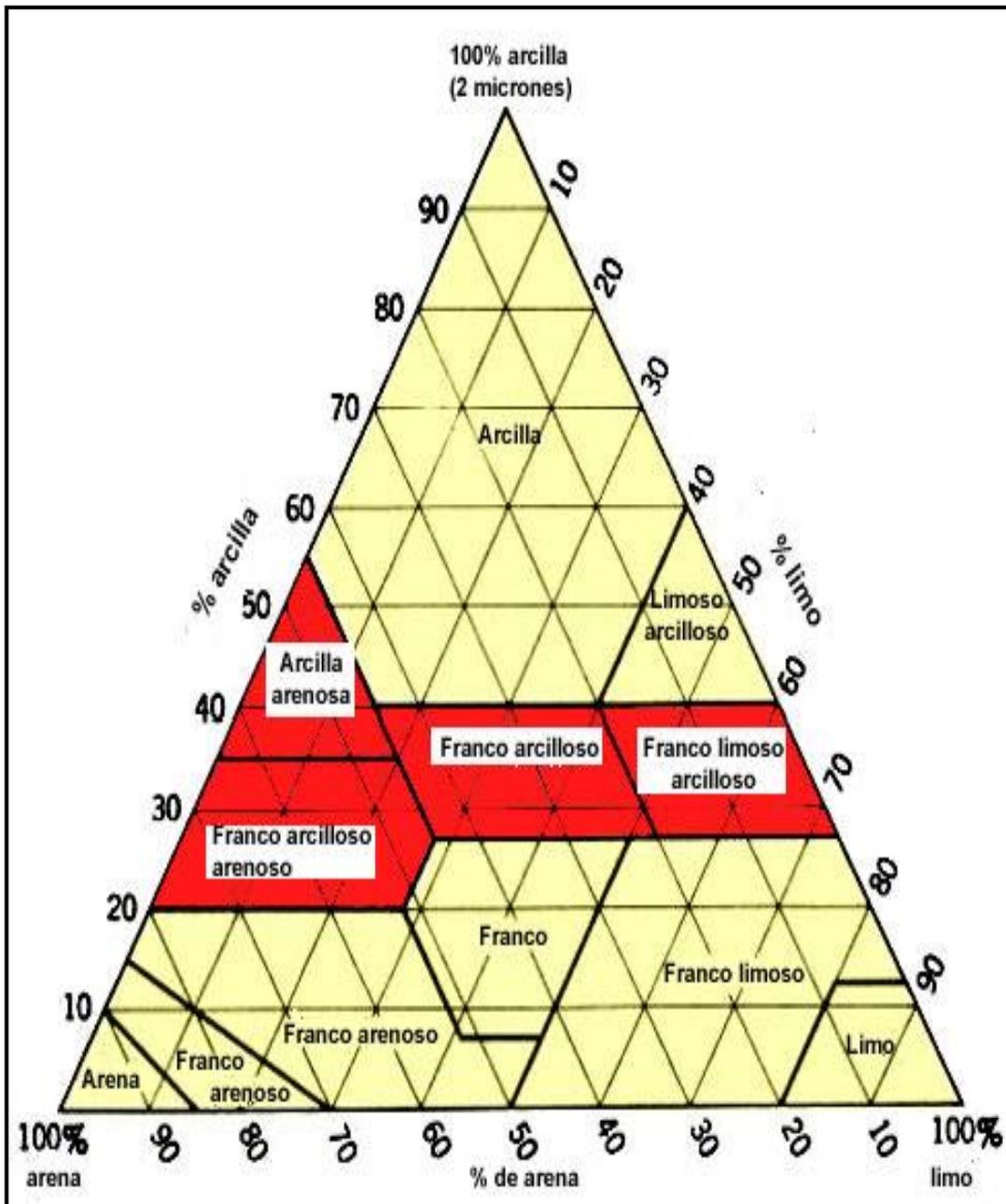
Fuente: Zavaleta, (1992)

Cuadro N° 3. Rango en (%) de contenido de Arena, Limo, Arcilla.

CLASE TEXTURAL	ARENA%	LIMO %	ARCILLA %
Arenosa	100-85	15-0	10-0
Arenosa Franca	90-70	30-0	15-0
Franco Arenosa	85-43	50-0	20-0
Franca	52-23	50-32	27-7
Franco Limosa	50-0	87-50	27-0
Limosa	20-0	100-80	12-0
Franco Arcillo arenoso	80-45	28-0	35-20
Franco arcillosa	45-20	53-15	40-27
Franco Arcillo Limosa	20-0	73-40	40-27
Arcillo Arenosa	67-45	20-0	55-35
Arcillo Limosa	20-0	60-40	60-40
Arcillosa	45-0	40-0	100-40

Fuente: Jaramillo, F.J. (2002). Introducción a la Ciencia del Suelo. Pág. 171.

Figura N° 2. Triangulo de texturas



Fuente: USDA. 1999.

A. Estructura

Se refiere a la organización natural de las partículas del suelo, en unidades de agregados o Peds que resultan de procesos pedogenéticos.

Cuadro N° 4. Estructura de suelos

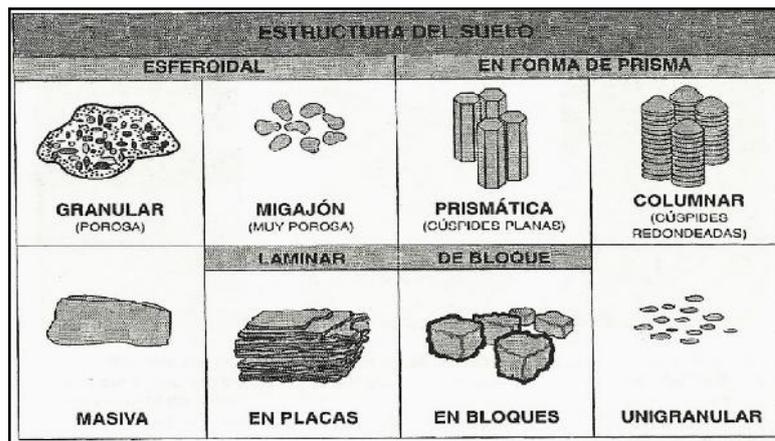
Estructura	Descripción
Blocosa (Bloques)	Bloques o poliedros, casi equidimensionales, con superficies planas o ligeramente redondeadas que son moldes de caras de los agregados vecinos.
Granular	Esferoides o poliedros, que tienen superficies curvilíneas o irregulares que no son moldes.
Laminar	Planos con dimensiones verticales limitadas; generalmente orientados sobre un plano horizontal y usualmente sobrepuestos.
Prismática	Las dimensiones están limitadas en el plano horizontal y extendido a lo largo del plano vertical; las caras verticales están bien definidas; tienen superficies planas o ligeramente redondeadas que son moldes de las caras de los agregados circundantes.
Estructura rocosa	La estructura rocosa incluye la estratificación fina en sedimentos no consolidados y pseudomorfos de minerales intemperizados.
Forma de cuña	Lentes unidos, elípticos que terminan en ángulos afilados, confinados por caras de fricción; no limitado a materiales vérticos.
Terrones	Creado principalmente por alteración artificial; por ejemplo: la labranza.

Fuente: FAO-ROMA, (2009).



Fuente: CASTAÑÓN THONSON G. (2000).

Figura N° 3. Ejemplos de tipos de Estructura



Fuente: Margalef, 1992. Planeta azul

❖ **Densidad aparente (D_a) gr/cm^3**

FAO, ROMA, (2009), Define: como la masa de una unidad de volumen de suelo seco (105°C). Este volumen incluye tanto sólidos como los poros, por lo que la densidad aparente refleja la porosidad total del suelo.

Si un suelo se comprime, aumenta la densidad aparente, disminuye el volumen poroso y existe mayor proporción de poros pequeños. Por ejemplo, en suelos minerales de textura fina (más arcillosa), la densidad aparente puede variar entre 1.0 y $1.6 \text{ gr}/\text{cm}^3$ y en los suelos orgánicos con alto contenido de materia orgánica puede llegar incluso a $0.4 \text{ gr}/\text{cm}^3$ y en suelos arenosos varía entre $1.36 - 1.75 \text{ gr}/\text{cm}^3$.

❖ **Densidad Real**

JARAMILLO, J. F. (2002). Es el peso de las partículas sólidas del suelo, relacionado con el volumen que ocupan, sin tener en cuenta su organización en el suelo, es decir, sin involucrar en el volumen el espacio ocupado por los poros.

❖ **Capacidad de Campo (CC)**

JARAMILLO, J. F. (2002). Define como: el contenido de humedad de un suelo permeable, profundo y de buen drenaje de días después de un mojamiento pesado.

❖ **Punto de Marchites Permanente (PMP)**

JARAMILLO, J. F. (2002). Indica: al contenido de humedad del suelo, donde comienza la marchitez de la planta y su vigorosidad no se ve recuperada aunque se añada agua al suelo.

❖ **Adhesividad**

FAO-ROMA (2009). Determina que: es la calidad de adhesión del material del suelo a otros objetos determinados, notando la adherencia del suelo con la presión entre los dedos.

Cuadro N° 5. Calificación de la adhesividad del suelo

Símbolo	Adhesividad del Suelo	Descripción
NST	No adherente	Después de liberar la presión, prácticamente el suelo no se adhiere a los dedos.
SST	Ligeramente adherente	Luego de la presión, el material de suelo se adhiere a los dedos pero se desprende completamente de cualquiera de las partes. No se extiende apreciablemente cuando los dedos se separan.
ST	Adherente	Luego de la presión, el material de suelo se adhiere a los dedos y tiende a extenderse bastante cuando se separa los dedos.
VST	Muy adherente	Luego de la presión, el material de suelo se adhiere fuertemente a los dedos y es decididamente extensible cuando estos se separan.

Fuente: FAO-ROMA, (2009).

❖ La plasticidad

FAO-ROMA (2009). Indica: Es la habilidad del material del suelo a cambiar de forma continua bajo la influencia de una presión aplicada y retener esa forma cuando se quita esa presión. Se la determina enrollando el suelo en las manos hasta formar un cordón de cerca de 3 mm de diámetro.

Cuadro N° 6. Clasificación de la plasticidad del suelo

Símbolo	Plasticidad de Suelo	Descripción
NPL	No plástico	No se forma el cordón.
SPL	Ligeramente plástico	Se forma el cordón pero se rompe inmediatamente si se le curva en forma de aro; la masa de suelo se deforma por una muy ligera fuerza.
PL	Plástico	Se forma el cordón pero se rompe al doblarlo en forma de aro; se requiere una fuerza ligera a moderada para deformar la masa de suelo.
VPL	Muy plástico	Se forma el cordón y se puede doblar en forma de aro; se requiere una fuerza moderadamente fuerte a muy fuerte para deformar la masa de suelo.

Fuente: FAO-ROMA, (2009).

❖ Color del suelo (matiz)

FAO-ROMA (2009).Indica: El matiz, es el color espectral dominante (rojo, amarillo, verde, azul o violeta); el valor es la claridad u oscuridad de los rangos de color de 1 (oscuro) a 8 (claro); y el croma es la pureza o fuerza del rango de color desde 1 (pálido) a 8 (brillante). Cuando no haya un color de suelo matriz dominante el horizonte se describe como moteado y se dan dos o más colores.

❖ **Consistencia**

FAO-ROMA, (2009). Determina: como al grado de cohesión o adhesión de la masa del suelo. Incluye las propiedades del suelo como la friabilidad, plasticidad, adhesividad, y resistencia a la compresión. Depende en gran medida de la cantidad y tipo de arcilla, materia orgánica y contenido de humedad del suelo.

❖ **Consistencia de la masa de suelo en seco**

La consistencia en seco se determina mediante el rompimiento de una masa de suelo seco entre los dedos o en la mano.

Cuadro N° 7. Consistencia de suelo en seco

Símbolo	Consistencia de suelo en seco	Descripción
LO	Suelto	No coherente.
SO	Suave	La masa de suelo es muy débilmente coherente y frágil; se disgrega a polvo o a granos.
SHA	Ligeramente duro	Débilmente resistente a la presión; se disgrega fácilmente entre los dedos.
HA	Duro	Moderadamente resistente a la presión; puede disgregarse entre las manos; no así entre con los dedos.
VHA	Muy duro	Muy resistente a la presión; puede disgregarse en las manos solo con dificultad.
EHA	Extremadamente duro	Extremadamente resistente a la presión; no puede disgregarse en las manos.

Fuente: FAO-ROMA, (2009).

❖ **Consistencia de la masa del suelo en húmedo**

La consistencia en húmedo se determina mediante el intento de aplastar una masa de suelo húmedo o ligeramente húmedo.

Cuadro N° 8. Consistencia de la masa de suelo en Húmedo

Símbolo	Consistencia de Suelo en Seco	Descripción
LO	Suelto	No coherente.
VFR	Muy friable	El material de suelo se aplasta bajo presión leve, pero es coherente cuando se lo presiona todo al mismo tiempo.
FR	Friable	El material de suelo se aplasta fácilmente bajo presión suave a moderada entre los dedos.
FI	Firme	El material de suelo se aplasta bajo presiones moderadas entre los dedos.
VFI	Muy firme	El material de suelo se aplasta a presiones fuertes; apenas aplastarle entre los dedos.
EFI	Extremadamente firme	El material de suelo se aplasta solo a presiones muy fuertes; no puede aplastarse entre los dedos.

Fuente: Fuente: FAO-ROMA, (2009).

4.2.3 Propiedades fisicoquímicas

❖ pH:

Soil Survey Division Staff (SSDS, 1993). Mide el grado de acidez de un suelo, es decir la concentración de hidrogeniones (H⁺) que existen en el suelo. En la escala de valor máximo 14 el valor de un suelo neutro es 7, siendo ácidos todos aquellos que tengan valores inferiores a 7.

Cuadro N° 9. Clasificación del PH del Suelo.

VALOR	CLASIFICACIÓN
< 3.5	Ultra ácido
3.5 – 4.4	Extremadamente ácido
4.5. – 5.0	Muy fuertemente ácido
5.1 – 5.5	Fuertemente ácido
5.6 – 6.0	Moderadamente ácido
6.1 – 6.5	Ligeramente ácido
6.6 – 7.3	Neutro
7.4 – 7.8	Ligeramente alcalino
7.9 – 8.4	Moderadamente alcalino
8.5 – 9.0	Fuertemente alcalino
>9.0	Muy fuertemente alcalino

Fuente: Soil Survey Division Staff (SSDS, 1993)

❖ **La conductividad eléctrica**

JARAMILLO D. (2002), Es una medida indirecta de la cantidad de sales que contiene un suelo, su resultado se da en milimhos/ cm o dS/cm y también en micromhos/cm. Los suelos con elevadas conductividades eléctricas impiden el buen desarrollo de las plantas, ya que contienen asimismo una elevada cantidad de sales.

Cuadro N° 10. Clases de salinidad de la C.E del Suelo

C.E. (dS/m)	CALIFICACIÓN
0 – 2	No salino
2 – 4	Muy ligeramente salino
4 – 8	Ligeramente salino
8 – 16	Moderadamente salino
>16	Fuertemente salino

Fuente: JARAMILLO D. (2002)

❖ **Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C)**

JARAMILLO D. (2002), Define: Es un proceso reversible, estequiométrico y rápido mediante el cual la fase sólida retira y retiene algunos iones de la solución del suelo, como también la cantidad de sitios disponibles para almacenar los cationes en el suelo.

JARAMILLO D. (2002), Los cationes más importantes en los procesos de intercambio catiónico, por las cantidades de ellos que participan en dichos procesos, son Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} y Na^{+} (las bases del suelo) y NH_4^{+} .

Cuadro N° 11. Clasificación de Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C)

C.I.C. Total meq/100 g	Nivel	Observaciones
0 - 10	Muy Bajo	Suelo Muy pobre
10 - 20	Bajo	Suelo pobre.
20 - 35	Medio	Suelo Medio
35 - 45	Medio Alto	Suelo Rico
Mayor de 45	Alto	Suelo Muy Rico

Fuente: JARAMILLO D. (2002)

4.2.4 Contenido de macronutrientes y otros

❖ Nitrógeno (N)

Soil Survey Division Staff (SSDS, 1993): Define: Promueve el desarrollo de las hojas y el crecimiento de brotes. Se presenta en el protoplasma celular y constituye las proteínas, clorofila, nucleótidos, alcaloides, enzimas, hormonas y vitaminas. Asimismo, el nitrógeno es alimento de los microorganismos del suelo, lo que favorece a la descomposición de la materia orgánica por un proceso de desnitrificación. El N puede ser asimilado por las plantas solo en su forma aniónica de nitrato (NO₃⁻) y catiónica de amonio (NH₄⁺) (Perdomo, 1998: 2; FAO, 2014).

Cuadro N° 12. Tabla de interpretación de análisis de nitrógeno total (%)

CALIFICACION	N (%)
Extremadamente pobre	<0,032
Pobre	0,032 – 0,063
Medianamente pobre	0,064 – 0,095
Medio	0,096 – 0,126
Medianamente rico	0,127 – 0,158
Rico	0,159 – 0,221
Extremadamente rico	>0,221

❖ Fósforo (P)

Soil Survey Division Staff (SSDS, 1993): Contribuye a la formación de las raíces, frutos y semillas, y a la floración. Es constituyente de la célula viva, nucleótidos, lecitinas y enzimas.

❖ Potasio (K)

Soil Survey Division Staff (SSDS, 1993): Favorece la Resistencia de la planta frente a las enfermedades y eventos climáticos extremos, como son la sequía y las heladas. Participa en la fotosíntesis, en la síntesis de las proteínas y en la activación de las enzimas; incluso, mejora la calidad del fruto.

Cuadro N° 13. Tabla de interpretación de análisis de nitrógeno total (%)

CALIFICACION	P(ppm)	K(ppm)
Bajo	<7	<100
Medio	7 – 14	100 – 200
Alto	>14	>200

❖ Materia orgánica

Soil Survey Laboratory (SSL, 1995, 1996), Define: que la materia orgánica del suelo, llamada también humus, es la fracción orgánica que posee el suelo, excluyendo los residuos vegetales y animales sin descomponer.

Cuadro N° 14. Niveles de contenido de materia Orgánica en %.

BAJO	MEDIO	ALTO
< 2	2 - 3	> 3

Fuente: JARAMILLO, J. F. (2002).

❖ Raíces Tamaño (diámetro)

Cuadro N° 15. Clasificación del diámetro de las raíces

Símbolo	Descripción	mm
VF	Muy fina	< 0,5
F	Fina	0,5-2
M	Media	2-5
C	Gruesa	> 5

Fuente: FAO-ROMA, (2009).

4.3 El Riego

Gurovich A. L. (1985). Define: Es la aplicación oportuna y uniforme a un perfil del suelo para reponer en este el agua consumida por los cultivos entre dos riegos consecutivos.

4.4 Movimiento de Agua en el Suelo

LORENZO H. LEO. Indica: que es un proceso muy complejo, debido a que se realiza en estado líquido y gaseoso en varias direcciones. Con las fuerzas de gravedad, el agua se mueve hacia abajo.

FUENTES Y. JOSE (1994). Indica que el potencial hidráulico (Potencial gravitacional + potencial matricial + potencial de presión hidrostática) determinan el movimiento de agua en el suelo que puede producirse de dos formas:

❖ Flujo saturado

Cuando los poros están llenos de agua. Este movimiento ocurre en los suelos con capa freática circulante, lo que permite a las raíces de las plantas respirar el aire disuelto en el agua. El potencial matricial es nulo por lo que el flujo de agua viene determinado por los potenciales gravitacionales y de presión hidrostática.

❖ Flujo no saturado

Cuando los poros están parcialmente ocupados por agua este flujo viene condicionado por los potenciales matriciales y gravitacionales.

4.4.1 La infiltración

CISNEROS A. R. (2003). Se refiere a la velocidad de entrada del agua en el suelo. La velocidad de infiltración es la relación entre la lámina de agua que se infiltra y el tiempo que tarda en hacerlo, se expresa generalmente en cm/hr o cm/min.

❖ **Método de medición de la infiltración de Agua**

Gurovich A. L. (1985), Menciona métodos para la infiltración con enfoques semi analíticos y analíticos, que permiten describir e interpretar cuantitativamente las pruebas experimentales de infiltración con limitaciones en algunos enfoques en las suposiciones de homogeneidad e isotropismo del perfil o en lo elaborado de las resoluciones numéricas.

➤ **Cilindros Infiltrómetros de Doble Anillo**

Los cilindros infiltrómetros de doble anillo son eficientes, porque minimizan el flujo lateral por medio de un área tampón alrededor del cilindro central. El movimiento de agua desde un cilindro infiltrómetro se produce en dirección descendente a causa de la aplicación de una lámina de agua medida en el cilindro a diferentes tiempos.

Velocidad de infiltración (método del cilindro infiltrómetro de doble anillo).

BLANCO, S. RAFAEL. (1999), Determino el método más usual determinar la infiltración de un suelo es el del cilindro infiltrómetro de doble anillo concéntrico, el cual es adecuado para métodos de riego que permiten mojar directamente una gran superficie de suelo (bordes, regueros en contorno, aspersión).

Cuadro N° 16. Velocidad y Clases de infiltración de Agua (cm/hr)

Velocidad de Infiltración (Centímetro por hora)	clases de infiltración
< de 0.50	Lenta
0.50 – 2.00	Moderadamente Lenta
2.10 – 6.00	Moderada
6.10 – 13.00	Moderadamente Rápido
13.10 - 25.00	Rápido
Mayor de 25	Muy rápido

Fuente: Dr.Esven Villagarcia – UNA – La MOLINA

A. Unidades de infiltración

❖ Velocidad de Infiltración Instantánea (I)

Gurovich A. L. (1985). Determino que: es la velocidad de infiltración que alcanza el agua en un momento dado. Este hecho indica que la velocidad de infiltración de un suelo no es un dato puntual, sino que varía con el tiempo siendo elevado al inicio del proceso cuando el suelo está seco y va disminuyendo a medida que transcurre el tiempo cuando el suelo se humedece hasta hacerse constante en el tiempo.

Dado la siguiente fórmula:

$$I = a o^b$$

$$b' = \frac{n(\sum X_i \cdot Y_i) - \sum X_i \cdot \sum Y_i}{n\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$a_0 = \frac{\sum Y_i - B\sum X_i}{n}$$

Dónde:

I: Velocidad de infiltración instantánea (cm/hr).

a: Es un parámetro que depende de las características intrínsecas del suelo tales como la textura, estructura, porosidad.

b: Es un parámetro que depende de las características intrínsecas del suelos como carga hidráulica aplicada, la pendiente, etc. Este parámetro define la pendiente de la curva la misma que varía 0 y -1, porque la velocidad disminuye conforme pasa el tiempo. Al descender la curva de infiltración su valor es siempre negativo.

to: Tiempo de oportunidad que tiene el suelo de estar en contacto con el agua (minutos).

❖ **Velocidad de infiltración básica**

$$VIB = a \cdot (-10)^x \cdot b^{-b}$$

❖ **Infiltración Acumulada**

Gurovich A. L. (1985). La infiltración acumulada, se obtiene con la siguiente ecuación de la velocidad de infiltración instantánea:

$$I_t = A \cdot e^{Bx}$$

$$B = \frac{n(\sum X \cdot Y) - \sum X \cdot \sum Y}{n\sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$A_0 = \frac{\sum Y - B \sum X}{n}$$

B. Factores que afectan la infiltración - Gurovich, A. L. (1985).

a. Sellamiento Superficial

La formación de una capa fina y compacta sobre la superficie de suelo reduce rápidamente la penetración de agua a través de la superficie. Esta capa resulta de un rompimiento de la estructura de suelo, producido en parte por acción erosiva de las lluvias o de riego por aspersion y también por la acción de flujo sobre la superficie donde las partículas finas son

fijadas alrededor de las partículas mayores formándose una capa impermeable.

b. Compactación de Suelo

Las labores de preparación de suelos especialmente las araduras que se realizan en suelos húmedos pueden producir compactación y formación de capas impermeables denominadas “pie de arado” exactamente debajo de la profundidad a que penetre el implemento. Este “pie arado” impide el movimiento de agua y reduce la velocidad de infiltración de agua.

c. Partículas o Grietas del Suelo

Los suelos de texturas finas tienden a partirse cuando se secan, al aplicar agua las partículas de suelo comienzan a aumentar el tamaño, sellando las partiduras hasta disminuir considerablemente la velocidad de infiltración.

d. Preparación de Suelo

Se indicó que la velocidad de infiltración puede aumentar a través de aradura, rastrojos u otros procedimientos; sin embargo el producto beneficioso en la porosidad del suelo producido por el paso de estos implementos dura solamente hasta que el terreno vuelva a su condición anterior de densidad, como consecuencia de riegos o lluvias subsecuentes. Es necesario considerar también la compactación producida por el excesivo paso de implementos, con la consiguiente disminución de la velocidad d infiltración.

e. Materia Orgánica y Rotación de Cultivos

La materia orgánica mantiene la porosidad de suelo durante periodos largos; estos dependen del estado de descomposición en que aquella se encuentra.

f. Sales de suelos y agua

Las sales de agua que contiene el agua de riego se van acumulando en el perfil del suelo; esto se hace más notorio cuando las precipitaciones no son suficientes para lixiviar las sales más abajo de las zonas de las raíces.

g. Sedimentos en el Agua de Riego

Las partículas de limo y arcilla que mantiene en suspensión afectan la calidad de agua de riego y producen un encostramiento en el suelo, que disminuyen en forma notoria la infiltración de agua en el suelo.

h. Perfil de suelo

La diferente disposición de los estratos en el perfil de suelo tiene también gran influencia en la velocidad de infiltración de agua.

4.5 Clasificación de tierra por su aptitud para el riego

4.5.1 Principios Básicos

BUREAU OF RECLAMATION MANUAL, USA (1979). Establece: El actual sistema de clasificación de la tierra que comenzó con la aprobación del acta "Fasct Finders" el 5 de noviembre de 1924. El estudio continuo y la experiencia acumulada durante los años transcurridos, han dado por resultados el desarrollo de las técnicas y especificaciones usadas en la actualidad.

La clasificación está basada en la experiencia agronómica y económica. Se usa principalmente con fines económicos. Las consideraciones fundamentales son: la capacidad productiva y los costos de producción y el desarrollo de la tierra, en función de los factores: Suelos, Topografía, Drenaje.

La clasificación se utiliza como elemento Básico para determinar el uso apropiado de suelos y agua que consiste en agrupar y delimitar los suelos de acuerdo a características agrologicas y cualidades apreciables, que determinen su aptitud para soportar una agricultura permanente bajo riego. “Tierra Apta” para riego, es definida como aquel tierra que, en unidades adecuadas y proporcionándole oportunamente las mejores necesarias de drenaje, facilidades para el riego y otros trabajos semejantes, tendrían una capacidad productiva suficiente para sostener una agricultura de riego económicamente favorable.

4.5.2 Factores de Clasificación de la Tierra con fines para Riego

❖ Factores Económicos, Plan Meris, (1988).

a. Uso de tierra

La información básica se obtiene de la apreciación topográfica del terreno en campo, para indicar el uso actual de las tierras se hace el uso de la siguiente simbología:

C: Tierras cultivadas con riego

L: Tierras cultivadas en secano

P: Tierras de pasto permanente con riego

G: Tierras de pasto permanente sin riego

H: Áreas suburbanas

M: Tierras sin uso y misceláneas

b. Capacidad productiva

Está íntimamente ligada a los factores físicos: suelo, topografía, y drenaje, que junto, con las condiciones climáticas, disponibilidad, cantidad y calidad de agua, determinan la capacidad productiva de un suelo. En cuanto a las condiciones de suelo sus características físicas, químicas y biológicas afectan tanto la adaptabilidad como el rendimiento del cultivo y con esto su capacidad para producir.

Cuadro N° 17. Capacidad Productiva

SIMBOLO	TÉRMINO
1	Alta
2	Medianamente Alta
3	Moderadamente Alta
4	Baja
5	Muy Baja

Fuente: Plan Meris, Proyecto Yanahuara. (1988).

c. Costo de Desarrollo de la tierra

Se refiere fundamentalmente a la inversión que el agricultor debe realizar para preparar inicialmente sus tierras y ponerlas en condiciones de producir bajo riego.

Cuadro N° 18. Costos de desarrollo de tierra

SIMBOLO	TÉRMINO
1	Bajo
2	Medianamente Bajo
3	Mediano
4	Alto
5	Muy Alto

Fuente: Plan Meris, Proyecto Yanahuara. (1988).

d. Requerimiento de agua

Cuadro N° 19. Requerimiento de agua

SIMBOLO	TÉRMINO
A	Bajo
B	Medio
C	Alto

Fuente: Plan Meris, Proyecto Yanahuara. (1988).

❖ Factores Físicos o Agrologicos - Plan Meris (1988).

a. Factor Suelo

Constituye un medio mecánico de soporte para las plantas y un reservorio donde se encuentra el agua y los nutrientes disponibles. Es un criterio de gran importancia para la clasificación de las tierras con fines de riego. Sus características están estrechamente relacionadas con los factores económicos y la adaptabilidad de los cultivos. Otro punto muy importante si se trata de suelos con fines para riego se estudia las características observables y medibles sean físicos, químicos y biológicos

Esta limitación o deficiencia es designada con el símbolo "S". El factor suelos representa uno de los componentes fundamentales en el juzgamiento y calificación de las tierras. De ahí su gran importancia en los estudios en lo suelos y que sea conveniente identificar, describir, separa y clasificar los cuerpos edáficos de acuerdo a sus características.

b. Factor Topografía

NUÑEZ VALENCIA F, (2001). En lo que se refiere a la pendiente debe ser considerado especialmente la susceptibilidad de los suelos a la erosión. Para esta es tan importante el porcentaje de la pendiente como su uniformidad.

c. Factor de Drenaje

NUÑEZ VALENCIA F, (2001). Es muy importante el drenaje interno, ya que influye considerablemente en la fertilidad, costos de producción, adaptabilidad de los cultivos y otros.

4.5.3 Descripción de Las Clases

Plan Meris, (1988). Pone en acuerdo las unidades básicas para identificar los suelos de acuerdo a su aptitud para el riego son las clases y dentro de ellas están las sub-clases. El número de clases que son llevados al plano de estudio depende del grado de detalle requerido por el levantamiento, conforme a los objetivos que se persiguen:

Clase I: APTA

Comprende las tierras que son muy apropiados para el riego y capaces de producir altos rendimientos en un amplio margen de cultivos y a costos económicos. Son planas, con pendientes, suaves, profundas, texturas medias, estructuras que permiten una fácil penetración de las raíces, friables, con drenajes normal y una suficiente capacidad de retención de agua.

Clase II: APTA

Incluye aquella tierras que son moderadamente apropiadas para el riego debido a sus condiciones algo inferiores a la clase 1 su adaptación a todo tipo de cultivo es a veces limitado y los costos para introducir el riego o para su explotación son un poco más elevados.

Por Ejemplo: puede poseer una capacidad de retención de agua más baja.

CLASE III: APTA

En este grupo se encuentran las tierras que se poseen condiciones para el riego, pero que su aptitud está claramente restringida por uno o más deficiencias graves de suelo, topografía y drenaje.

Una tierra de esta clase puede tener buenas condiciones de topografía y de drenaje, pero presentan suelos de mala calidad que restringen seriamente su uso para los cultivos, o requerir grandes cantidades de agua o prácticas especiales de riego para su explotación o necesitar trabajos intensivos para mejorar su baja fertilidad.

CLASE IV: APTITUD LIMITADA

Incluye aquellas tierras de aprovechamiento limitado debido a que presentan uno o varias deficiencias excesivas en los factores suelo, topografía y drenaje, pero que posean alguna unidad específica que en ciertas circunstancias pudiera garantizar su desarrollo. Es tal la magnitud de la deficiencia que por lo general estas tierras no pagan los gastos ocasionados por el riego. Solo en determinados casos pueden ser regadas con desagües. En condiciones especiales, mediante aportes de capital es posible que algunas tierras de esta clase se puedan mejorar notablemente y ser incluidas entre las clases regables.

CLASE V: NO APTA

Es una agrupación transitoria. Comprende aquellas tierras que deben eliminarse temporalmente del proyecto de riego debido a sus condiciones indeseables de alcalinidad, salinidad, drenaje y ubicación. La capacidad definitiva de estas tierras debe ser estudiada posteriormente. En caso de que sea determinada su aptitud para el riego, continuarán como clase 5

hasta que su mejoramiento sea completado. Si se determina que este es antieconómico, pasaran a la clase 6.

La clase 5 solamente debe ser individualizada con las condiciones existentes en el área requieren una consideración especial que justifique posteriormente estudios económicos y de Ingeniería.

CLASE VI: NO APTA

Las tierras incorporadas a esta clase se consideran eliminados definitivamente del proyecto de riego, debido a que no presentan los requerimientos mínimos exigidos por las clases anteriores. También incluyen pequeñas áreas regables aisladas y en general aquellas tierras de topografía muy quebrada, con pendientes muy pronunciadas, excesivamente erosionados, con texturas muy ligeras y gruesas o pesadas; son suelos muy delgados sobre grava, hardpan, roca o materiales similares, con drenaje inadecuado y altas concentración es de sales solubles.

❖ Descripción de Sub Clases de Tierras Regables

Son agrupaciones dentro de cada clase, las sub clases se identifica por medio de letras minúsculas. Cuando los suelos tienen más de una limitación primero se escribe la dominante y a continuación los demás en el siguiente orden: s, t, w, e:

a. La subclase (s)

Limitaciones de suelos en la zona radicular, comprenden suelos cuyas limitaciones en la zona radicular son los riesgos o limitaciones dominantes para su uso. Estas limitaciones son el resultado de factores tales como suelos superficiales, baja capacidad de retención de agua, baja fertilidad (difícil de corregir), y presencia de salinidad o alcalinidad.

b. La subclase (t)

Las limitaciones topográficas, comprende suelos donde la topografía es la limitación o riesgo dominante para su uso, pendiente moderadamente empinados a empinados de esta forma presentan limitaciones en el manejo de agua de riego

c. La subclase (w)

El exceso de agua, comprende suelos donde el exceso de agua es la limitación o riesgo dominante para su uso. El criterio que se sigue para determinar que suelos pertenecen a esta clase es drenaje deficiente, humedad manto freático elevado e inundación.

4.5.4 Mapas

Se elaboró 7 tipos de Mapas en ARC Map. 10.3 y civil 3D

- Mapa de Ubicación
- Mapa de Pendientes
- Mapa de Zonas de Vida
- Mapa Topográfico
- Mapa de drenajes o de Infiltración
- Mapa de Imagen satelital
- Mapa de clasificación de tierras con aptitud para riego

V. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

5.1 Ubicación espacial y temporal de la investigación

El presente trabajo de investigación descriptivo, se realizó en la cuenca Chirumbia en sus sectores correspondientes - distrito de Quellouno de la Provincia de la Convención - Cusco.

5.1.1 Ubicación política

Sectores	Santa María, Cochayoc Sinkitoni, Huallpacalduyoc Mercedesniyoc, Campanayoc.
Distrito	: Quellouno
Provincia	: La Convención
Región	: Cusco

5.1.2 Ubicación Geográfica

Por el Sur:	: 12°35'24"
Por el norte	: 72°33'36"

5.1.3 Ubicación Hidrográfica

Cuenca Hidrográfica	: Alto Urubamba
Cuenca	: Chirumbia

5.1.4 Ubicación Ecológica

Temperatura Media Anual	: 22°C
Precipitación Media Anual	: 850 mm/año.

5.1.5 Materiales y Métodos

Los materiales y equipos que se utilizaran en la fase de campo del presente trabajo de investigación, fueron proporcionados de adquisición propia y particular.

❖ **Materiales de campo**

- Libreta de Campo
- Pala recta
- Bolsa de polietileno
- Etiqueta de identificación
- Pico
- Metro de 5m
- Tabla munsell
- Infiltrómetro de anillos concéntricos
- Dos palos macizos y un combo
- Cronometro (Reloj)
- Tachos de 200 l y Baldes
- Cámara Fotográfica
- Mapa de área a muestrear y/o croquis

❖ **Equipos de campo**

- GPS 62s
- Eclímetro
- Cámara fotográfica

❖ **Materiales de Gabinete**

- Plotter
- Computadora core™ i 5

❖ **Material Cartográfico**

- Plano altimétrico parcelario del lugar de tamaño A0.
- Las Clases y Sub clases de sistema de clasificación de tierras para riego. Plan Meris, (1988).

5.1.6 Metodologías

Se planteó la metodología para clasificar la aptitud de las tierras para uso bajo riego y drenaje como base para crear alternativas de manejo de suelo y agua. La metodología propone agrupar los suelos en Unidades de Manejo de tierras (UMAT) como unidades cartográficas.

❖ **Fase pre campo**

Esta fase se realizó una documentación cartográfica necesaria (elaboración de mapa base a una escala 1:2500), se utilizó el catastro emitido por ZEE: Zonificación ecológica y económica de la municipalidad distrital de Quellouno con todos sus componentes hidrológicos, zonas de vida, carreteras, etc. Desde luego se estableció una programación de trabajo en campo para el estudio de suelos como corresponde y el recojo de muestras de suelo de 1 kg.

❖ **Fase de campo**

a. Inicialmente se realizó el reconocimiento general del área para identificar plenamente: centros poblados, caminos, accidentes topográficos, cambios de relieve, etc. en los Sectores: Santa María, Cochayoc, Sinkitoni Huallpacalduyoc, Mercedesniyoc, Campanayoc. Después se hizo el levantamiento de suelo detallado con el fin de evaluar el potencial de producción, planear su uso intensivo de las tierras y reconocer terrenos con problemas de topografía, etc Una vez identificada

se prosiguió la localización y ubicación de las calicatas para su respectivo descripción físico utilizando la Bibliografía de FAO, ROMA, (2009), Guía para la descripción de Suelos - SOIL SURVEY MANUAL Y JARAMILLO, D. (2002), "Introducción a la Ciencia del Suelo". y muestra de suelo de 1 Kg. de la capa arable para su análisis físico Químico respectivamente, también hay se determinó los sitios de drenaje con el método de cilindros de doble anillos concéntricos (véase el Ítem. N°. 2). Para dicha elección se utilizó mapas topográficos de tamaño A0. Después se prosiguió la identificación y escritura de Clases y Sub clases de riego, utilizando los factores físicos y económicos de Plan Meris, (1988). "Proyecto Yanahura". Lamina 01 - "Manual de Clasificación de Tierras con fines de Riego" (Traducido por Antonio Estrada R), United States of The interior, USA,1979.

b. Procedimiento para la Elección de la ubicación de los Anillos Concéntricos:

Deberán tomarse en consideración los siguientes aspectos:

- Elección de la ubicación de los anillos
- Colocación, llenado de agua y toma de medidas
- Cálculo de la conductividad hidráulica (K) con los datos obtenidos

➤ **Elección de la ubicación de los Anillos Concéntricos**

La bondad de los datos y la fiabilidad de los resultados obtenidos dependen en gran medida de la idoneidad del lugar elegido para su realización y de la conveniencia de la metodología usada. Los aspectos más relevantes a considerar en relación a la ubicación de los anillos son los siguientes:

1. Evita ubicar los anillos en zonas compactadas. Los terrenos compactados por vehículos o personas presentan una tasa de infiltración menor que las zonas adyacentes (sobre todo en los suelos de textura fina).
2. Ten cuidado y evita compactar el suelo con tus propias pisadas, tanto mientras buscas el lugar idóneo como durante la colocación de los anillos.
3. En los suelos ricos en arcillas expansibles no instales los anillos sobre las grietas de expansión-contracción. Cuando la textura del terreno es fina el tamaño de los poros es muy pequeño y la absorción del agua se ve más afectada por la estructura del suelo que en el caso de los suelos arenosos.
4. La tasa de infiltración es particular para cada horizonte del suelo, asumiéndose homogénea en todo el espesor del mismo. En suelos con varios horizontes de características diferentes, el paso del frente húmedo e un horizonte a otro quedará reflejado en la tasa de infiltración medida con el infiltrómetro.
5. Por último cabe señalar que la tasa de infiltración puede sufrir variaciones estacionales como consecuencia de cambios en la composición del agua o en su temperatura, en el crecimiento de la vegetación, etc.
6. Colocación, llenado de agua y toma de medidas.

NORMAS BÁSICAS:

- a. Colocar los anillos sobre la ubicación elegida comprobando que no queden ni piedras ni raíces bajo el filo de ninguno de los ellos; puedan deformar los aros con facilidad.
- b. Asegurarse de que el cilindro interior esté totalmente centrado en el exterior.

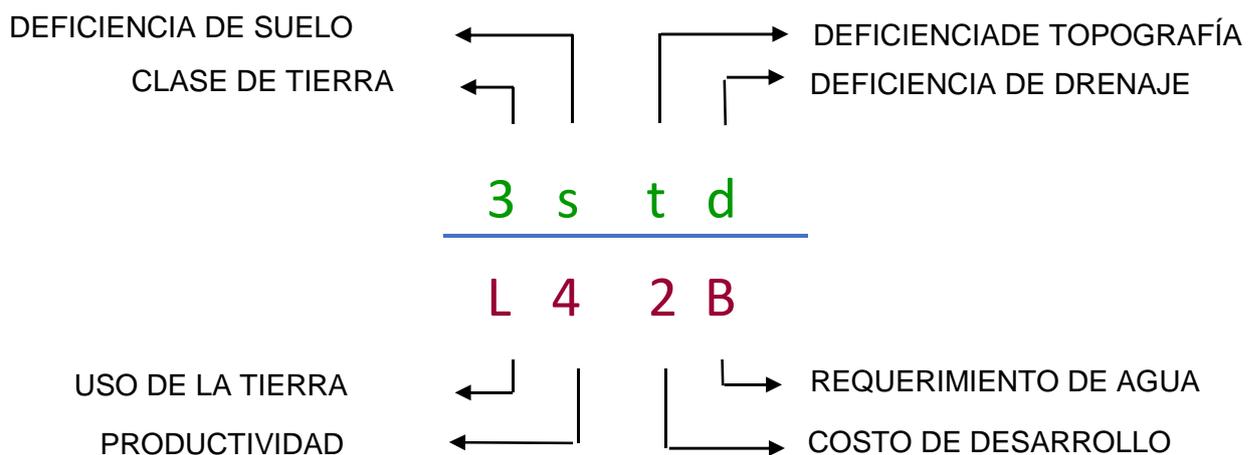
- c.** Clavar los cilindros en el suelo a igual profundidad en todo su perímetro, y hacerlo además al mismo tiempo. Los anillos ladeados o que no han sido introducidos de forma homogénea presentan mayor riesgo de sufrir fugas de agua. Tanto el anillo exterior como el interior deben llegar hasta 10 cm de profundidad (así se evita en mayor medida el drenaje lateral).
- d.** Clavados los anillos comenzaremos a llenar cuidadosamente de agua ambos anillos, empezando siempre por el exterior. Resulta muy conveniente “tapizar” el suelo de, al menos, el anillo central con arena gruesa, grava o algún tipo de plástico. De esta forma evitaremos que el impacto directo del agua sobre el suelo desnudo provoque la desagregación de las partículas y el sellado de los poros.
- e.** Comprobar que no existan fugas de agua provocadas por la presencia de piedras o raicillas. Si has cumplido escrupulosamente el punto 1 esto no debería pasar pero si hubiera alguna, tápala con el mismo barro de alrededor.
- f.** Debes intentar mantener el mismo nivel del agua en el interior de ambos anillos. Como norma general el llenado inicial no debe sobrepasar los 10 cm, y tampoco debes dejar que el nivel descienda a menos de 5 cm.
- g.** Si el nivel en el anillo exterior es mayor que en cilindro central el agua tenderá a penetrar desde el suelo produciéndose errores de lectura.
- h.** Es aconsejable realizar las medidas a intervalos regulares, ya sea de tiempo o de descenso de la lámina de agua en el interior del cilindro; de este modo es más fácil identificar cuándo la tasa de absorción permanece constante.
- i.** Una vez alcanzada la tasa de infiltración constante es aconsejable continuar las medidas hasta tener la absoluta certeza de que el agua está circulando por un mismo horizonte.

j. Debido a la elevada variabilidad de los suelos y a los posibles errores asociados al método será necesario realizar más de una medida.

❖ Fase Gabinete

Una vez teniendo la información en campo, se prosiguió a la interpretación de los constituyentes de los suelos como: textura, estructura, consistencia, adhesividad, color, etc., y las CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICO E HIDRODINÁMICO (Ver Anexo), después se interpretó los ensayos de infiltración con el método de cilindros de doble anillos concéntricos en el programa de Excel 2013. Xlsx, así determinando su Velocidad de Infiltración Básica y la Acumulada respectivamente. Sin embargo para cumplir el trabajo de investigación, se inició a dibujar del plano físico en AutoCAD civil 3D- 2013. Y colocando la simbología para la descripción de Sub Clases. (Ver Figura N°. 06), y su área respectivamente.

Figura N° 4. Simbología de Clasificación de tierras en Subclases para riego



BUREAU OF RECLAMATION MANUAL, USA (1979).

Dónde:

El numerador se encuentra la clase de aptitud actual definida por un número arábico que va del uno al seis, la letra “S” indica limitaciones por suelo “t” limitación por topografía y la letra “d” indica limitación por drenaje interno.

En el denominador la primera letra mayúscula “L” colocada a la izquierda indica el uso actual de la tierra, el primer número arábico “4” indica productividad y el segundo número “2” tipifica los costos de desarrollo de tierra, la letra mayúscula que va a continuación de los números arábigos “B” indica el requerimiento de agua de riego física e hídrica.

❖ Fase Laboratorio

Las determinaciones físico-químicas e hidrodinámicas en el Laboratorio de Análisis Químico, Físico de Suelos Agua y Plantas (UNSAAC). De acuerdo con métodos y normas utilizados por la institución.

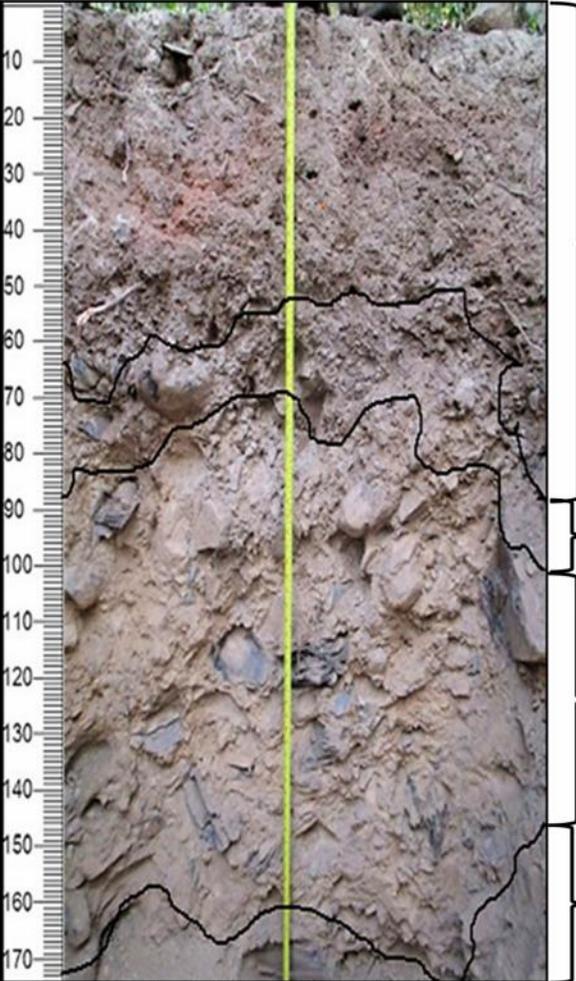
❖ Enfoque de la investigación

Para el presente trabajo de investigación se adoptó el enfoque cualitativo inductivo de características porque se sumerge en campo, interpreta contextualmente, recolecta datos, muestra flexibilidad.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Las características físicas y químicas de los suelos de la Cuenca Chirumbia, de los seis (6) sectores en estudio, se tienen como resultado los siguientes:

Sector: " SANTA MARIA"

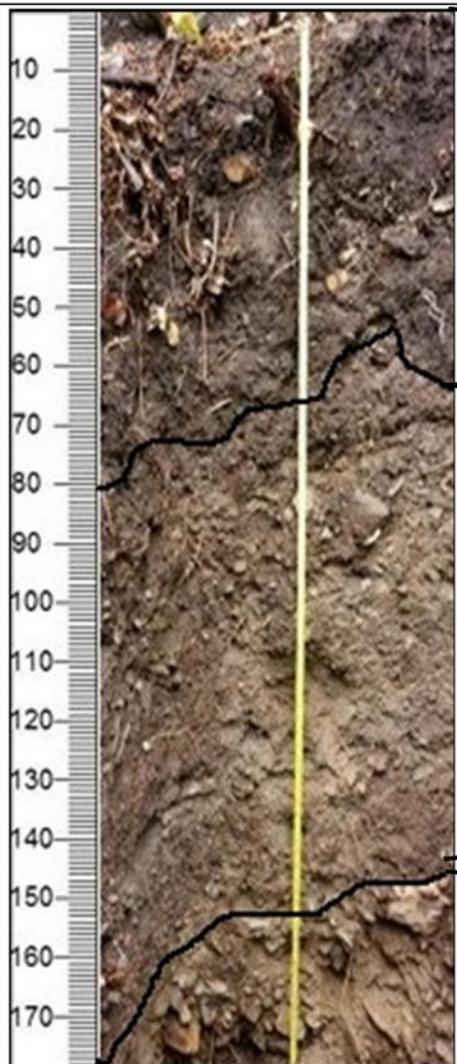
Perfil modal de calicata N° 1	Características Físicas
	<p>presenta un horizonte con capa arable "Ap", con un espesor aproximadamente: 0.60 m, además está constituida por una estructura granular, con consistencia en seco suelto, en húmedo es suelto; raíces muy finas, raíces finas abundantes, raíces medias y raíces gruesas, suelo de textura Areno Franco (ArFr) , muestra gravas medias, gravas gruesas y piedras (0.6-20 cm), es no adherente y ligeramente plástico, el horizonte presenta una topografía ondulada, el suelo en seco presenta un color gris oscuro (7.5 YR 4/1), en húmedo presenta un color negro, (7.5 YR 2.5/1).</p>
	<p>presenta un horizonte "A", con un espesor aproximadamente: 0.80 m, además está constituida por una estructura granular, con consistencia en seco suelto, en húmedo suelto; raíces finas, raíces medias y raíces gruesas, muestra gravas medias, gravas gruesas, piedras y cantos (2-30 cm), es ligeramente adherente, ligeramente plástico, el horizonte presenta topografía ondulada, el suelo en seco presenta un color gris (7.5 YR 5/1), en húmedo presenta un color marrón muy oscuro (7.5 YR 2.5/2).</p>
	<p>presenta un horizonte transicional "AB", con un espesor aproximadamente: 0.30 m, estructura granular, con consistencia en seco suelto, consistencia en húmedo suelto, muestra gravas medias, gravas gruesas y piedras, cantos, (2-60 cm), es no adherente, y no plástico, el suelo en seco presenta un color amarillo oscuro (7.5 YR 5/4), en húmedo presenta un color marrón claro (7.5 YR 6/4), presenta raíces medias y raíces gruesas en pequeñas proporciones.</p>
	<p>Características químicas</p> <p>En función al Horizonte de capa arable "Ap", nuestros suelos de dicho sector tienen: un (pH 7.10) de Clasificación Neutra de intervalos óptimos para cultivos perennes como anuales, la conductividad eléctrica varía de 0.13 mmos/cm lo que indica que es un suelo no salino, la capacidad de intercambio catiónico es (12.10 meq/100 gr de suelo) que corresponde al nivel Bajo, son suelos pobres, necesitan el aporte de Materia Orgánica. Sin embargo muestra aptitud para todos tipos de cultivos.</p>

Fuente: Elaboración propia

Sector: "COCHAYOC"

Perfil modal de calicata N° 2

Características Físicas



Ap

presenta un horizonte con capa arable "Ap", con un espesor aproximadamente: 0.60 m, además está constituida por una estructura granular, con consistencia en seco suelto, en húmedo es suelto; raíces muy finas, raíces finas abundantes, raíces medias y raíces gruesas, suelo de textura Arenoso Franco (ArFr), muestra gravas medias, gravas gruesas y piedras (0.6-20 cm), es no adherente y ligeramente plástico, el horizonte presenta una topografía ondulada, el suelo en seco presenta un color gris oscuro (7.5 YR 4/1), en húmedo presenta un color negro, (7.5 YR 2.5/1).

A

presenta un horizonte "A", con un espesor aproximadamente: 0.80 m, además está constituida por una estructura granular, con consistencia en seco suelto, en húmedo suelto; raíces finas, raíces medias y raíces gruesas, muestra gravas medias, gravas gruesas, piedras y cantos (2-30 cm), es ligeramente adherente, ligeramente plástico, el horizonte presenta topografía ondulada, el suelo en seco presenta un color gris (7.5 YR 5/1), en húmedo presenta un color marrón muy oscuro (7.5 YR 2.5/2).

AB

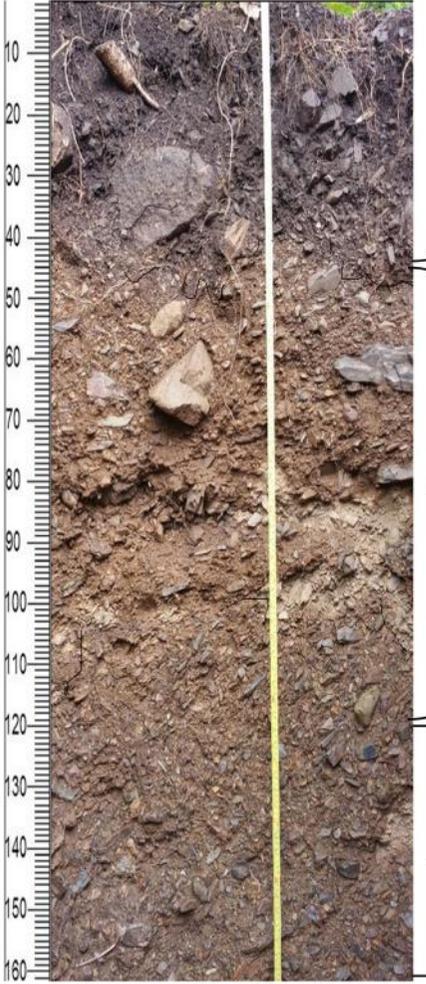
presenta un horizonte transicional "AB", con un espesor aproximadamente: 0.30 m, estructura granular, con consistencia en seco suelto, consistencia en húmedo suelto, muestra gravas medias, gravas gruesas y piedras, cantos, (2-60 cm), es no adherente, y no plástico, el suelo en seco presenta un color amarillo oscuro (7.5 YR 5/4), en húmedo presenta un color marrón claro (7.5 YR 6/4), presenta raíces medias y raíces gruesas en pequeñas proporciones.

Características químicas

En función al Horizonte de capa arable "Ap", nuestros suelos de dicho sector tienen: un (pH 7.10) de Clasificación Neutra de intervalos óptimos para cultivos perennes como anuales, la conductividad eléctrica varía de 0.13 mmos/cm lo que indica que es un suelo no salino, la capacidad de intercambio catiónico es (12.10 meq/100 gr de suelo) que corresponde al nivel Bajo, son suelos pobres, necesitan el aporte de Materia Orgánica. Sin embargo muestra aptitud para todos tipos de cultivos.

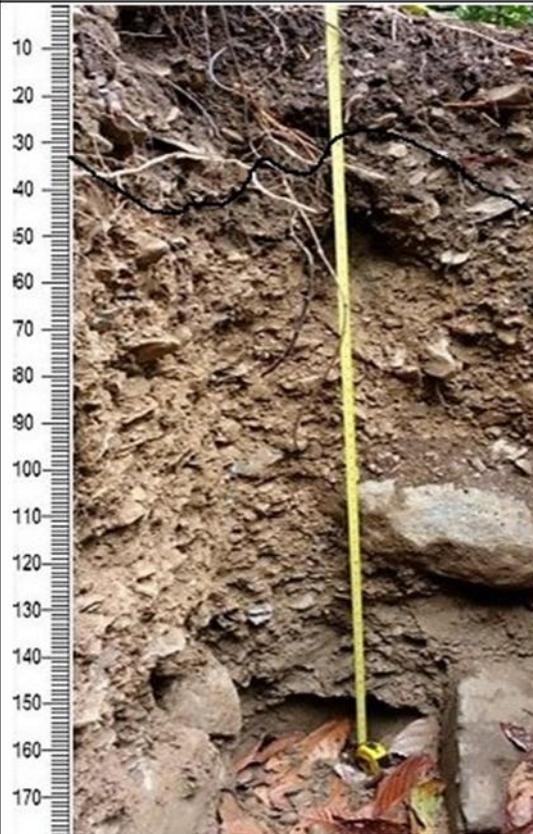
Fuente: Elaboración propia

Sector: " COCHAYOC "

Perfil modal de calicata N° 3	Características Físicas
	<p>presenta un horizonte capa arable "Ap", con un espesor aproximadamente: 0.40 m, con consistencia en seco suave, en húmedo es suelto; raíces muy finas, raíces finas abundantes, raíces medias y raíces gruesas, suelo de textura franco arenoso (FrAr), muestra gravas medias, gravas gruesas y piedras (0.6-20 cm), es no adherente y ligeramente plástico, el suelo en seco presenta un color gris oscuro (7.5 YR 4/1), en húmedo presenta un color negro (7.5 YR 2.5/1).</p>
	<p>presenta un horizonte "B", con un espesor aproximadamente: 0.60 m, estructura granular, con consistencia en seco no coherente, en húmedo suelto. raíces finas, medias, gruesas muestra gravas medias, gravas gruesas, piedras y cantos (2-30 cm), Adhesividad del suelo es no adherente, plasticidad del suelo es no plástico, el suelo en seco presenta un color marrón (7.5 YR 5/2), en húmedo presenta un color marrón oscuro (7.5 YR 5/4).</p>
	<p>presenta un horizonte transicional "BE", con un espesor aproximadamente: 0.50 m, estructura granular, con consistencia de suelo en seco es suelto, consistencia de suelo en húmedo es suelto, muestra gravas medias, gravas gruesas y piedras, cantos, (2-60 cm), Adhesividad del suelo es ligeramente adherente y la plasticidad del suelo es no plástico, el suelo en seco presenta un color amarillo oscuro (7.5 YR 6/6), en húmedo presenta un color marrón (7.5 YR 5/4), presenta raíces medias en pequeñas proporciones.</p>
	<p align="center">Características químicas</p>
<p>Fuente: Elaboración propia</p>	<p>En función al pH del horizonte capa arable "Ap", nuestros suelos de dicho sector tienen: un (pH 7.70) de Clasificación ligeramente alcalino, Posible presencia de carbonatos, revisar niveles de P, Fe, Zn, Mn y Cu, pues en pH alcalino se reduce su disponibilidad. La conductividad eléctrica varía de 0.38 mmos/cm lo que indica que es un suelo no salino, apto para todos los tipos de cultivos, la capacidad de intercambio catiónico en todo el perfil del suelo (12.80 meq/100 gr de suelo) que corresponde al nivel Bajo, son suelos pobres, necesitan el aporte de Materia Orgánica. Sin embargo muestra aptitud para todos los tipos de cultivos.</p>

Sector: " SINKITONI "

Perfil modal de calicata N° 4



Ap

B

Características Físicas

presenta un horizonte de capa arable "Ap", con un espesor aproximadamente: 0.30 m, estructura granular, con consistencia en suelo seco es suelto y consistencia en suelo húmedo es muy friable; raíces finas abundantes, raíces medias y raíces gruesas, suelo de textura franco arenoso (FrAr), muestra gravas medias, gravas gruesas y piedras (2-20 cm), Adhesividad del suelo es ligeramente adherente y la plasticidad del suelo es ligeramente plástico, el suelo en seco presenta un color marrón oscuro (7.5 YR 4/3), en húmedo presenta un color gris oscuro, (7.5 YR 3/2).

presenta un horizonte "B", con un espesor aproximadamente 1.40 m, estructura granular, consistencia de suelo en seco es ligeramente duro y consistencia de suelo en húmedo es friable; presenta raíces medias, gruesas, muestra gravas medias, gravas gruesas y piedras (2-20 cm), Adhesividad del suelo es adherente, y la plasticidad del suelo es plástico, el suelo en seco presenta un color marrón (7.5 YR 5/2), en húmedo presenta un color negro (7.5 YR 2.5/1)

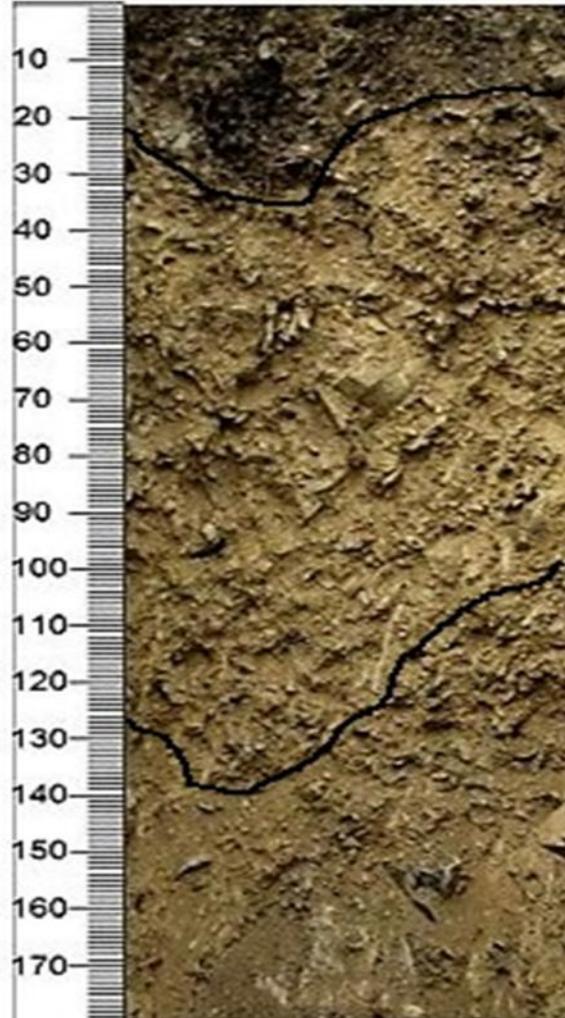
Características químicas

En función al pH del horizonte capa arable "Ap", nuestros suelos de dicho sector tienen: un valor de (pH 7.40) de Clasificación ligeramente alcalino, Posible presencia de carbonatos, revisar niveles de P, Fe, Zn, Mn y Cu, pues en pH alcalino se reduce su disponibilidad. La conductividad eléctrica varía de 0.18 mimos/cm lo que indica que corresponde de calificación a un suelo no salino, apto para todos tipos de cultivos, etc. la Capacidad de Intercambio Catiónico es (13 meq/100 gr de suelo) que corresponde al nivel Bajo,

Fuente: Elaboración propia

Sector: " SINKITONI "

Perfil modal de calicata N° 5



Ap

AB

B

Características Físicas

presenta un horizonte de capa arable "AB", con un espesor aproximadamente: 0.20 m, estructura granular, consistencia de suelo en seco es suelto, la consistencia de suelo en húmedo es muy friable; raíces finas abundantes, raíces medias y raíces gruesas, suelo de textura Areno Franco (ArFr), muestra gravas finas, medias.

"AB" Presenta gravas gruesas y piedras (2-20 cm), Adhesividad del suelo es ligeramente adherente, y la plasticidad del suelo es ligeramente plástico, el suelo en seco presenta un color gris oscuro (10YR4/1), en húmedo presenta un color negro (10 YR 2/1).

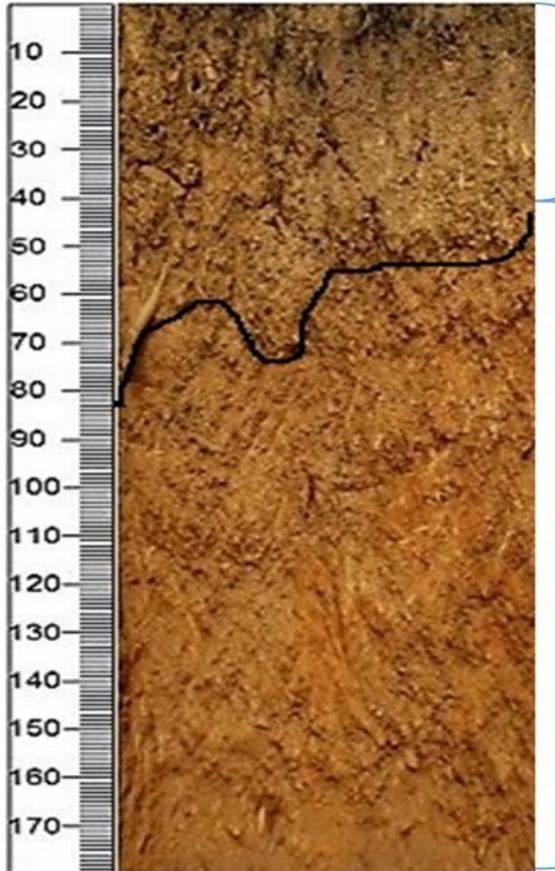
presenta un horizonte "B", con un espesor aproximadamente 0.60 m, estructura granular, de moderado a fuerte, con consistencia de suelo en seco es suave y consistencia de suelo en húmedo es firme; presenta raíces medias y raíces gruesas, muestra gravas medias, gravas gruesas, piedras y cantos (2-40 cm), Adhesividad del suelo es muy adherente, la plasticidad del suelo es plástico, el suelo en seco presenta un color marrón muy pálido (10YR7/3). En húmedo presenta un color amarillo (10 YR 7/6).

Características químicas

En función al pH del horizonte capa arable "Ap", nuestros suelos de dicho sector tienen: un valor de (pH 7.50) de Clasificación ligeramente alcalino, Posible presencia de carbonatos, revisar niveles de P, Fe, Zn, Mn y Cu, pues en pH alcalino se reduce su disponibilidad. La conductividad eléctrica varía de 0.28 mimos/cm lo que indica que corresponde de calificación a un suelo no salino, apto para todos tipos de cultivos, etc. La Capacidad de Intercambio Catiónico es (11.60 meq/100 gr de suelo) que corresponde al nivel Bajo, son suelos pobres, necesitan el aporte de Materia Orgánica. Sin embargo muestra aptitud para todos tipos de cultivos.

Sector: " HUALLPACALDUYOC "

Perfil modal de calicata N° 6



Fuente: Elaboración propia

Características Físicas

presenta un horizonte de transición "AB", con un espesor aproximadamente: 0.70 m, estructura granular, consistencia en suelo seco es suave, consistencia de suelo en húmedo es friable, raíces muy finas, finas, medias y gruesas. suelo de textura Franco Arenoso (FrAr), muestra gravas medias, gruesas (2-60 mm) con formas de plano, angular, sub-redondeado y la adhesividad del suelo es ligeramente adherente y la plasticidad del suelo es no plástico, presenta un color marrón claro (7.5 YR 6/3), en húmedo presenta un color gris oscuro (7.5 YR 4/1).

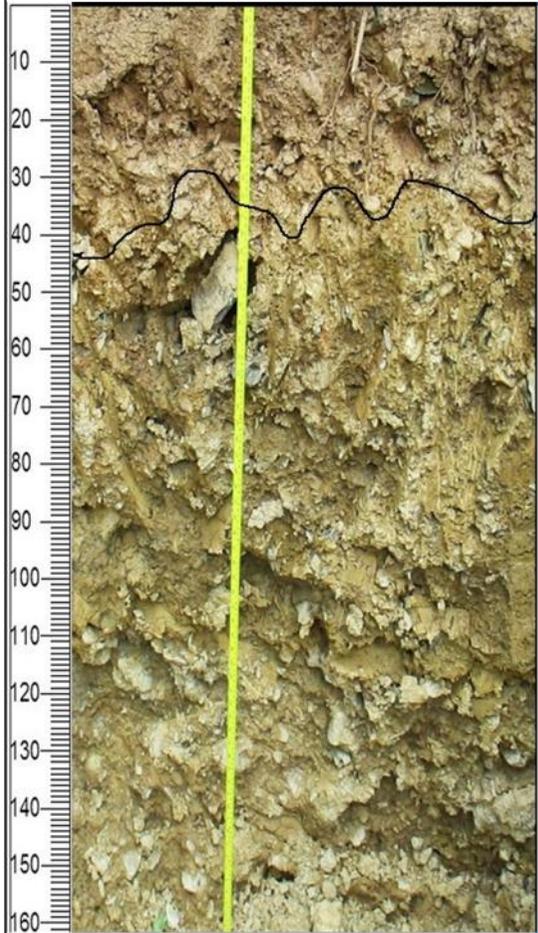
presenta un horizonte "B", con un espesor aproximadamente: 1.20 m, estructura granular, de consistencia en seco es suave, en húmedo es muy friable, raíces finas, medias. Muestra gravas medias, gravas gruesas y piedras (2-200 mm) con formas de plano, angular, sub-redondeado. La adhesividad del suelo es adherente y la plasticidad del suelo es plástico, el horizonte presenta una topografía ondulada, presenta un color rosa (7.5 YR 7/4), en húmedo presenta un color fuerte marrón (7.5 YR 5/6).

Características químicas

En función al horizonte transicional "AB", nuestros suelos de dicho sector tienen: valor de (pH 6.74) de Clasificación Neutro intervalos muy óptimos para todo tipo de cultivos, Posible presencia de carbonatos, revisar niveles de P, Fe, Zn, Mn y Cu, pues en pH alcalino se reduce su disponibilidad. La conductividad eléctrica varía de 0.40 mimos/cm lo que indica que corresponde de calificación a un suelo no salino, apto para todos tipos de cultivos, etc. la Capacidad de Intercambio Catiónico en todo el perfil del suelo (15.00 meq/100 gr de suelo) que corresponde al nivel Bajo, son suelos pobres, necesitan el aporte de Materia Orgánica. Sin embargo muestra aptitud para todos tipos de cultivos.

Sector: “ HUALLPACALDUYOC ”

Perfil modal de calicata N° 7



Fuente: Elaboración propia

Características Físicas

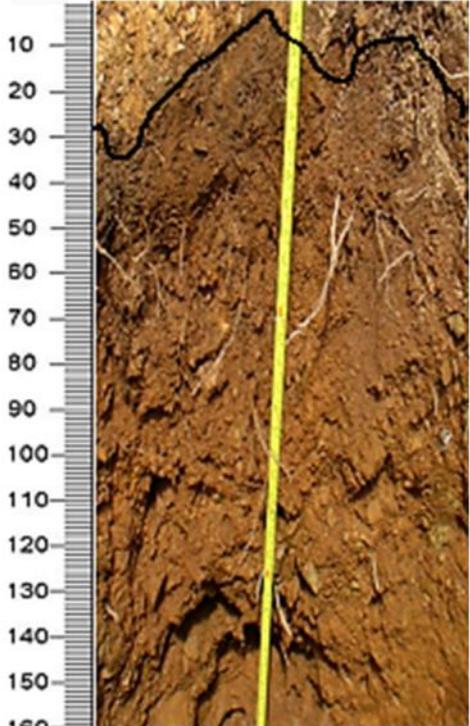
presenta un horizonte “**A**”, con un espesor aproximadamente: 0.45 m, de espesor, presenta una estructura granular, consistencia de suelo en seco es ligeramente duro, consistencia de la masa de suelo húmedo es friable, acompañado con fragmentos de grava fina, media, gruesa, (2-60 cm), con formas plano, angular, sub- redondeado; se encuentran raíces muy finas, raíces finas, raíces medias, suelo de textura Franco Arenoso (FrAr), la adhesividad del suelo es ligeramente adherente; la plasticidad del suelo es plástico, el suelo en seco presenta un color marrón (7.5 YR 5/2); en húmedo presenta un color marrón oscuro, (7.5 YR 3/3).

presenta un horizonte “**B**”, con un espesor aproximadamente: 1.20 m, presenta una estructura granular, consistencia de suelo en seco es ligeramente duro y consistencia de masa de suelo en húmedo es friable, acompañado con fragmentos de grava fina, media, gruesa, piedras (2-20 cm) con formas angular, sub- redondeado; se encuentran raíces finas, raíces medias; la adhesividad del suelo es adherente; la plasticidad del suelo es plástico, el suelo en seco presenta un color marrón (7.5 YR 5/2); en húmedo presenta un color marrón (7.5 YR 5/4).

Características químicas

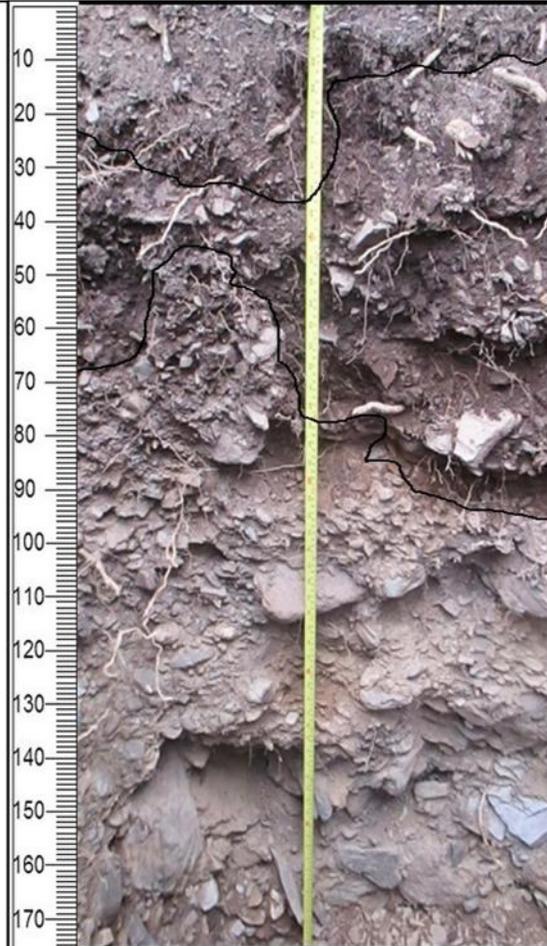
En función al horizonte “**A**”, nuestros suelos de dicho sector tienen: el (pH 7.20) de Clasificación Neutra de intervalos óptimos para cultivos perennes como anuales. La conductividad eléctrica varía de 0.25 mimos/cm lo que indica que corresponde de calificación a un suelo no salino, apto para todos tipos de cultivos, etc. la Capacidad de Intercambio Catiónico es (14.00 meq/100 gr de suelo) que corresponde al nivel Bajo, son suelos pobres, necesitan el aporte de Materia Orgánica. Sin embargo muestra aptitud para todos tipos de cultivos.

Sector: “ MERCEDESNIYOC ”

Perfil modal de calicata N° 8	Características Físicas
	<p>presenta un horizonte capa arable, “Ap”, con un espesor aproximadamente: 0.30 m, estructura granular, de consistencia en húmedo es friable, con raíces finas, medias y gruesas. Suelo de textura Franco Arenoso (FrAr), muestra gravas finas y medias (2-20 mm), con formas de plano. La adhesividad del suelo es ligeramente adherente y su plasticidad es ligeramente plástico, la consistencia del suelo en seco es ligeramente duro, presenta un color gris (7.5 YR 5/1), en húmedo presenta un color marrón oscuro (7.5 YR 3/2).</p>
	<p>presenta un horizonte de capa arable “B”, con un espesor aproximadamente: 1.30 m, estructura granular, de consistencia en húmedo es muy friable, con raíces finas, raíces medias gruesas y piedras. Muestra gravas medias, gravas gruesas, piedras (2-200 mm), con formas de plano, angular, sub-redondeado. La adhesividad del suelo es ligeramente adherente y su plasticidad es plástico, en suelo seco presenta un color marrón (7.5 YR 4/2), en húmedo presenta un color Marrón (7.5 YR 4/3).</p>
	<p align="center">Características químicas</p>
<p>Fuente: Elaboración propia</p>	<p>En función al horizonte “Ap”, nuestros suelos de dicho sector tienen: el (pH 6.75), de Clasificación Neutra de intervalos óptimos para cultivos perennes como anuales. La conductividad eléctrica varía de 0.08 mimos/cm lo que indica que corresponde de calificación a un suelo no salino, apto para todos tipos de cultivos, etc. la Capacidad de Intercambio Catiónico es (14.40 meq/100 gr de suelo) que corresponde al nivel Bajo, son suelos pobres, necesitan el aporte de Materia Orgánica. Sin embargo muestra aptitud para todos tipos de cultivos.</p>

Sector: " MERCEDESNIYOC "

Perfil modal de calicata N° 9



Fuente: Elaboración propia

Características Físicas

presenta un horizonte de capa arable "Ap", con un espesor aproximadamente: 0.30 m, estructura granular, consistencia en suelo húmedo es friable, con raíces finas, medias y gruesas. Suelo de textura Franco Arenoso (FrAr), muestra gravas finas y medias (2-60 mm), con formas de plano, sub-redondeado. La adhesividad del suelo es no adherente y su plasticidad es ligeramente plástica, el horizonte presenta una topografía ondulada, la consistencia del suelo en seco es suave, presenta un color gris (10 YR 5/1), en húmedo presenta un color negro (10 YR 2/1).

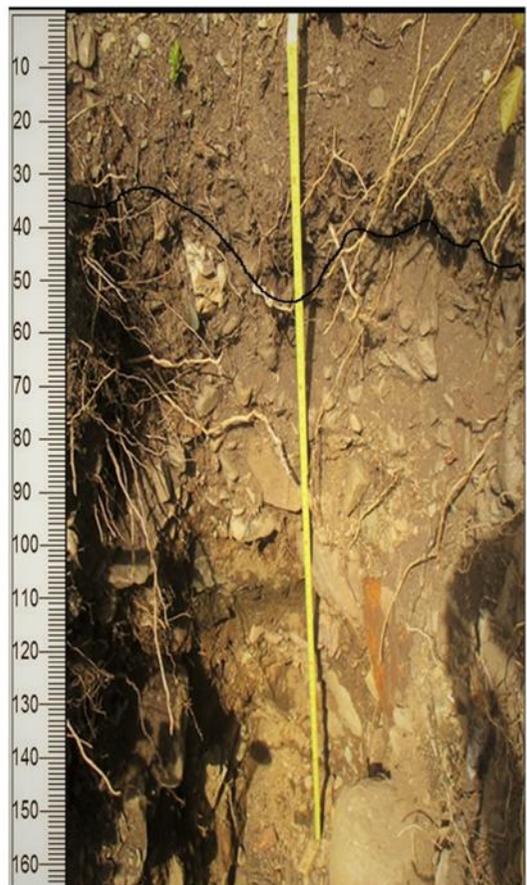
presenta un horizonte "A/AB", con un espesor aproximadamente: 1.60 m, estructura granular, de consistencia en húmedo es muy friable, con raíces finas, raíces medias gruesas. Muestra gravas medias, gravas gruesas, piedras, cantos, cantos grandes (2-600 mm) con formas de plano, angular, sub-redondeado. La adhesividad del suelo es adherente y su plasticidad es plástica, en suelo seco presenta un color gris (10 YR 6/1), en húmedo presenta un color marrón grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2).

Características químicas

En función al horizonte "Ap", nuestros suelos de dicho sector tienen: el (pH 7.20), de Clasificación Neutra de intervalos óptimos para cultivos perennes como anuales. La conductividad eléctrica varía de 0.40 mimos/cm lo que indica que corresponde de calificación a un suelo no salino, apto para todos tipos de cultivos, etc. , la Capacidad de Intercambio Catiónico en todo el perfil del suelo (13.30 mes/100 gr de suelo) que corresponde al nivel Bajo, son suelos pobres, necesitan el aporte de Materia Orgánica. Sin embargo muestra aptitud para todos tipos de cultivos.

Sector: “ CAMPANAYOC ”

Perfil modal de calicata N° 10



Fuente: Elaboración propia

Ap

B

Características Físicas

Presenta un horizonte de capa arable “**Ap**”, con un espesor aproximadamente: 0.40 m, estructura granular a acompañado con fragmentos de grava fina, media, gruesa, piedras (6-20 cm) con formas de plano, angular; raíces muy finas, medias y raíces gruesas abundantes, suelo de textura Areno Franco(ArFr), de consistencia en suelo seco es suave , además presenta un color gris oscuro en suelo seco (7.5 YR 4/1); consistencia de la masa de suelo húmedo es friable; en húmedo presenta un color negro, (7.5 YR 2.5/1), la adhesividad del suelo ligeramente adherente; la plasticidad del suelo es ligeramente plástico.

Presenta un horizonte de capa arable “**B**”, con un espesor aproximadamente: 1.20 m, estructura granular a acompañado con fragmentos de grava fina, media, gruesa, piedras (6-20 cm) con formas de plano, angular, sub-redondeado; raíces muy finas, raíces medias y raíces gruesas , de consistencia en suelo seco es suave ,presenta un color gris claro (7.5 YR 7/1); consistencia de la masa de suelo húmedo es muy friable; la masa de suelo en húmedo presenta un color negro, (7.5 YR 3/2), la adhesividad del suelo ligeramente adherente; la plasticidad del suelo es ligeramente plástico.

Características químicas

En función al horizonte capa arable “**Ap**”, nuestros suelos de dicho sector tienen: el (pH 7.15), de Clasificación Neutra de intervalos óptimos para cultivos perennes como anuales. La conductividad eléctrica varía de 0.17 mimos/cm lo que indica que corresponde de calificación a un suelo no salino, apto para todos tipos de cultivos, etc. , la Capacidad de Intercambio Catiónico en todo el perfil del suelo (10.60 meq/100 gr de suelo) que corresponde al nivel Bajo, son suelos pobres, necesitan el aporte de Materia Orgánica.

Se determinó la Velocidad de Infiltración Básica (VIB), por el método de doble anillo concéntrico, en los seis sectores en estudio, cuyos resultados son los siguientes

a. Sector Santa maría - prueba N°1

En el Cuadro de Velocidad de infiltración Instantánea Indica que el agua infiltró en primer minuto de 169.8 cm/h y posteriormente disminuye a 32.4 cm/h al término de la práctica de campo que duró aproximadamente 2.38 horas. Por otro lado en la figura 01. Se aprecia una recta con una velocidad de infiltración en los primeros minutos del ensayo de 255.07, posteriormente hasta hacer casi constante a partir de los 135 minutos de la prueba, llegando a tener una velocidad de infiltración de 2.10 cm/h, valor que se convierte como la Velocidad de Infiltración Básica (VIB) del suelo en estudio, mediante el método analítico. La curva de infiltración acumulada (I_{cum}), representa la cantidad total de agua que ha ingresado al suelo, reportando un valor de 118.41 cm/h a lo largo de todo el ensayo (142.8 minutos). La Infiltración acumulada (I_{cum}) permite definir las dosis de lámina de riego. Ejemplo: a los 10 minutos de la prueba tenemos una lámina de agua acumulada de 27.47 cm/h. (así como se muestra en cuadro N° 20 y anexos).

b. Sector Cochayoc - prueba N°2

En el Cuadro de Velocidad de infiltración Instantánea Indica que el agua infiltró en primer minuto de 258.0 cm/h y posteriormente disminuye a 55.2 cm/h al término de la práctica de campo que duró aproximadamente 2.2 horas. Por otro lado en la figura 01. Se aprecia una recta con una velocidad de infiltración en los primeros minutos del ensayo de 354.58, posteriormente hasta hacer casi constante a partir de los 130 minutos de la prueba, llegando a tener una

velocidad de infiltración de 3.93 cm/h, valor que se convierte como la Velocidad de Infiltración Básica (VIB) del suelo en estudio, mediante el método analítico. La curva de infiltración acumulada (I_{cum}), representa la cantidad total de agua que ha ingresado al suelo, reportando un valor de 190.37 cm/h a lo largo de todo el ensayo (132 minutos). La Infiltración acumulada (I_{cum}) permite definir las dosis de lámina de riego. Ejemplo: a los 10 minutos de la prueba tenemos una lámina de agua acumulada de 39.19 cm/h. (así como se muestra en cuadro N° 20 y anexos).

c. Sector Cochayoc - Prueba N°3

En el Cuadro de Velocidad de infiltración Instantánea Indica que el agua infiltró en primer minuto de 270.0 cm/h y posteriormente disminuye a 59.2 cm/h al término de la práctica de campo que duró aproximadamente 1.95 horas. Por otro lado en la figura 01. Se aprecia una recta con una velocidad de infiltración en los primeros minutos del ensayo de 384.42 posteriormente hasta hacer casi constante a partir de los 100 minutos de la prueba, llegando a tener una velocidad de infiltración de 3.40 cm/h, valor que se convierte como la Velocidad de Infiltración Básica (VIB) del suelo en estudio, mediante el método analítico. La curva de infiltración acumulada (I_{cum}), representa la cantidad total de agua que ha ingresado al suelo, reportando un valor de 169.25 cm/h a lo largo de todo el ensayo (117 minutos). La Infiltración acumulada (I_{cum}) permite definir las dosis de lámina de riego. Ejemplo: a los 10 minutos de la prueba tenemos una lámina de agua acumulada de 41.64 cm/h. (así como se muestra en cuadro N° 20 y anexos).

d. Sector Sinkitoni – prueba N° 4

En el Cuadro de Velocidad de infiltración Instantánea Indica que el agua infiltró en primer minuto de 228 cm/h y posteriormente disminuye a 37.2 cm/h al término de la práctica de campo que duró aproximadamente 1.95 horas. Por otro lado en la figura 01. Se aprecia una recta con una velocidad de infiltración en los primeros minutos del ensayo de 257.32 posteriormente hasta hacer casi constante a partir de los 110 minutos de la prueba, llegando a tener una velocidad de infiltración de 2.27 cm/h, valor que se convierte como la Velocidad de Infiltración Básica (VIB) del suelo en estudio, mediante el método analítico. La curva de infiltración acumulada (I_{cum}), representa la cantidad total de agua que ha ingresado al suelo, reportando un valor de 113.16 cm/h a lo largo de todo el ensayo (117 minutos). La Infiltración acumulada (I_{cum}) permite definir las dosis de lámina de riego. Ejemplo: a los 10 minutos de la prueba tenemos una lámina de agua acumulada de 27.86 cm/h. (así como se muestra en cuadro N° 20 y anexos).

e. Sector Sinkitoni – prueba N°5

En el Cuadro de Velocidad de infiltración Instantánea Indica que el agua infiltró en primer minuto de 324 cm/h y posteriormente disminuye a 32 cm/h al término de la práctica de campo que duró aproximadamente 1.95 horas. Por otro lado en la figura 01. Se aprecia una recta con una velocidad de infiltración en los primeros minutos del ensayo de 256.64 posteriormente hasta hacer casi constante a partir de los 90 minutos de la prueba, llegando a tener una velocidad de infiltración de 1.16 cm/h, valor que se convierte como la Velocidad de Infiltración Básica (VIB) del suelo en estudio, mediante el método analítico. La curva de infiltración acumulada (I_{cum}), representa la cantidad total de agua que ha ingresado al

suelo, reportando un valor de 78.03 cm/h a lo largo de todo el ensayo (97 minutos). La Infiltración acumulada (I_{cum}) permite definir las dosis de lámina de riego. Ejemplo: a los 10 minutos de la prueba tenemos una lámina de agua acumulada de 26.83 cm/h. (así como se muestra en cuadro N° 20 y anexos).

f. Sector Huallpacalduyoc - prueba N°6

En el Cuadro de Velocidad de infiltración Instantánea Indica que el agua infiltró en primer minuto de 150 cm/h y posteriormente disminuye a 37.2 cm/h al término de la práctica de campo que duró aproximadamente 2.2 horas. Por otro lado en la figura 01. Se aprecia una recta con una velocidad de infiltración en los primeros minutos del ensayo de 173.47 posteriormente hasta hacer casi constante a partir de los 130 minutos de la prueba, llegando a tener una velocidad de infiltración de 2.59 cm/h, valor que se convierte como la Velocidad de Infiltración Básica (VIB) del suelo en estudio, mediante el método analítico. La curva de infiltración acumulada (I_{cum}), representa la cantidad total de agua que ha ingresado al suelo, reportando un valor de 108.57 cm/h a lo largo de todo el ensayo (132 minutos). La Infiltración acumulada (I_{cum}) permite definir las dosis de lámina de riego. Ejemplo: a los 10 minutos de la prueba tenemos una lámina de agua acumulada de 19.79 cm/h. (así como se muestra en cuadro N° 20 y anexos).

g. Sector Huallpacalduyoc – prueba N°7

En el Cuadro de Velocidad de infiltración Instantánea Indica que el agua infiltró en primer minuto de 192 cm/h y posteriormente disminuye a 54 cm/h al término de la práctica de campo que duró aproximadamente 1.78 horas. Por otro lado en la figura 01. Se aprecia una recta con una velocidad de infiltración en los primeros minutos del ensayo de 263.22 posteriormente hasta hacer casi constante a partir

de los 90 minutos de la prueba, llegando a tener una velocidad de infiltración de 3.96 cm/h, valor que se convierte como la Velocidad de Infiltración Básica (VIB) del suelo en estudio, mediante el método analítico. La curva de infiltración acumulada (I_{cum}), representa la cantidad total de agua que ha ingresado al suelo, reportando un valor de 133.18 cm/h a lo largo de todo el ensayo (107 minutos). La Infiltración acumulada (I_{cum}) permite definir las dosis de lámina de riego. Ejemplo: a los 10 minutos de la prueba tenemos una lámina de agua acumulada de 30.07 cm/h. (así como se muestra en cuadro N° 20 y anexos).

h. Sector Mercedesniyoc – prueba N°8

En el Cuadro de Velocidad de infiltración Instantánea Indica que el agua infiltró en primer minuto de 330 cm/h y posteriormente disminuye a 51.2 cm/h al término de la práctica de campo que duró aproximadamente 2.2 horas. Por otro lado en la figura 01. Se aprecia una recta con una velocidad de infiltración en los primeros minutos del ensayo de 486.18 posteriormente hasta hacer casi constante a partir de los 153 minutos de la prueba, llegando a tener una velocidad de infiltración de 3.81 cm/h, valor que se convierte como la Velocidad de Infiltración Básica (VIB) del suelo en estudio, mediante el método analítico. La curva de infiltración acumulada (I_{cum}), representa la cantidad total de agua que ha ingresado al suelo, reportando un valor de 220.38 cm/h a lo largo de todo el ensayo (132 minutos). La Infiltración acumulada (I_{cum}) permite definir las dosis de lámina de riego. Ejemplo: a los 10 minutos de la prueba tenemos una lámina de agua acumulada de 52.17 cm/h. (así como se muestra en cuadro N° 20 y anexos).

i. Sector Mercedesniyoc - prueba N°9

En el Cuadro de Velocidad de infiltración Instantánea Indica que el agua infiltro en primer minuto de 258 cm/h y posteriormente disminuye a 41.8 cm/h al término de la práctica de campo que duro aproximadamente 2.2 horas. Por otro lado en la figura 01. Se aprecia una recta con una velocidad de infiltración en los primeros minutos del ensayo de 380.75 posteriormente hasta hacer casi constante a partir de los 135 minutos de la prueba, llegando a tener una velocidad de infiltración de 2.95 cm/h, valor que se convierte como la Velocidad de Infiltración Básica (VIB) del suelo en estudio, mediante el método analítico. La curva de infiltración acumulada (Icum), representa la cantidad total de agua que ha ingresado al suelo, reportando un valor de 171.75 cm/h a lo largo de todo el ensayo (132 minutos). La Infiltración acumulada (Icum) permite definir las dosis de lámina de riego. Ejemplo: a los 10 minutos de la prueba tenemos una lámina de agua acumulada de 40.83 cm/h. (así como se muestra en cuadro N° 20 y anexos).

j. Sector Campanayoc – Prueba N°10

En el Cuadro de Velocidad de infiltración Instantánea Indica que el agua infiltro en primer minuto de 378 cm/h y posteriormente disminuye a 73.2 cm/h al término de la práctica de campo que duro aproximadamente 2.2 horas. Por otro lado en la figura 01. Se aprecia una recta con una velocidad de infiltración en los primeros minutos del ensayo de 445.97 posteriormente hasta hacer casi constante a partir de los 130 minutos de la prueba, llegando a tener una velocidad de infiltración de 6.82 cm/h, valor que se convierte como la Velocidad de Infiltración Básica (VIB) del suelo en estudio, mediante el método analítico. La curva de infiltración acumulada (Icum), representa la cantidad total de agua

que ha ingresado al suelo, reportando un valor de 283.08 cm/h a lo largo de todo el ensayo (140 minutos). La Infiltración acumulada (Icum) permite definir las dosis de lámina de riego. Ejemplo: a los 10 minutos de la prueba tenemos una lámina de agua acumulada de 51.04 cm/h. **(así como se muestra en cuadro N° 20 y anexos).**

Cuadro N° 20. Velocidad de infiltración de Agua.

Pruebas de infiltración	Sector	Determinación de la velocidad de infiltración Básica	
		VIB (cm/hr)	Calificación
1	Santa María	2.1	Moderada
2	Cochayoc	3.93	Moderada
3		3.4	Moderada
4	Sinkitoni	2.27	Moderada
5		1.16	Moderadamente lenta
6	Hualpacalduyoc	2.59	Moderada
7		3.96	Moderada
8	Mercedesniyoc	3.81	Moderada
9		2.95	Moderada
10	Campanayoc	6.82	Moderadamente rápido

Se identificó las tierras por clases y subclases con aptitud para riego en los seis sectores de estudio (se muestra en el cuadro 26):

Descripción de Superficie de Clases y Sub Clases de Tierras por Aptitud para Riego

Clase II: Apta

Los suelos agrupados en esta clase, abarcan una extensión de 8.19 ha. Que representa el 0.43 %. Esta zona cuenta con un clima favorable fluctuando la temperatura entre 27 °C a 30 °C. Están agrupados por la capacidad productiva, topografía adecuada, la que les confiere características topofisiográficas para una agricultura sustentable e rentable. En estos suelos, se cultivan en secano, con producciones moderadamente alta como especies de importancia económica: cítricos (*Citrus spp*), cacao (*Theobroma cacao L.*), plátano (*Musa paradisiaca*), yuca (*Manihot esculenta*), etc. y cultivos anuales como: frijol (*Phaseolus vulgaris*), maíz (*Zea mayz*), uncucha (*Xanthosoma sagittifolium*), Estos suelos se ubican en la sector Santa María.

En esta clase se han identificado dos (2) sub clases:

- **Sub – Clase 2t/L34B:** comprende una superficie de 4.4 ha. Corresponde a la clase de tierra (II), con deficiencia de topografía (t), son terrenos cultivados sin riego, con productividad moderadamente alta, con costos de desarrollo de tierra alto, el requerimiento de agua es medio.

Están dentro del sector: santa maría, con las siguientes características en sus fases de pendiente moderadamente inclinada 10-15 %, con pedregosidad de la clase 3: pedregosos (3 – 15 %), Grado de erosión (ligera E1), profundidad efectiva (profunda 0.9-1.5 m)

- **Sub – Clase 2t/L34B:** Comprende una superficie de 3.79 ha. Corresponde a la clase de tierra (II), con deficiencia de topografía (t), son terrenos

cultivados sin riego, con productividad moderadamente alta, con costos de desarrollo de tierra alto, el requerimiento de agua es medio.

Están dentro del sector: santa maría, con las siguientes características en sus fases: pendiente fuertemente inclinada 10.1-15 %, con pedregosidad de la clase 3: pedregosos (3 – 15 %), Grado de erosión (ligera E1), profundidad efectiva (profunda 0.9-1.6 m).

Clase III: Apta

Comprende aquellas tierras que son aptas para la agricultura bajo riego en comparación a la clase II. Abarca una extensión aproximada de 326.16 ha. Que equivale al (16.93%). Las limitaciones que están vinculadas al factor suelo: pedregosidad que fluctúa de moderadamente pedregoso a pedregoso, profundidad efectiva muy bueno y baja fertilidad; topografía con pendientes empinada, erosión moderada a severa.

Actualmente se encuentran cultivados en seco son de baja productividad, referido al uso de tierra cultivadas en seco sin riego, con productividad baja, con un factor de desarrollo (inversión en preparación del suelo) donde se requieren realizar inversiones medianas y muy altas, los requerimientos de agua son en niveles altos.

Los suelos están ubicados en los sectores: Santa María con 127.94 ha. (39.23 %), Cochayoc con 70.91 ha (21.74 %), Sinkitoni con 68.69 ha (21.06 %), Mercedesniyoc Bajo 29.42 ha (9.02 %), campanayoc 29.2 ha (8.95 %). Estos suelos están cultivados como perennes: cítricos (*Citrus ssp*), cacao (*Theobroma cacao L.*), plátano (*Musa paradisiaca*), yuca (*Manihot esculenta*), otros y cultivos anuales como: frijol (*Phaseolus vulgaris*), maíz (*Zea mayz*), uncuca (*Xanthosoma sagittifolium*), además se pueden

aprovechar su extensión apta para cultivar. También existen especies arbustivas y pastos naturales los cuales se adaptan a las características físico - químicas que presenta el suelo.

En esta clase se ha identificado diez (10) Sub Clases:

- **Sub – Clase 3td/L33B:** Comprende una superficie de 13.29 ha, ubicado en el sector: Campanayoc, que corresponde a la clase de tierra (III), con deficiencia de topografía (t), deficiencia de drenaje (d), son terrenos cultivados sin riego, con productividad moderadamente alta, con costos de desarrollo de tierra mediano, el requerimiento de agua es medio.

Muestran las siguientes características: pendiente moderadamente inclinada 5.1-10 %, con pedregosidad de la clase 3: pedregosos (3 – 15 %), la permeabilidad es (bueno w4), Grado de erosión (ligera E1), profundidad efectiva (profunda >150 cm).

- **Sub – Clase 3st/L33B:** Comprende una superficie de 41.59 ha. Corresponde a la clase de tierra (III), con deficiencia de suelo (s), con deficiencia de topografía (t), deficiencia de drenaje (d), son terrenos cultivados sin riego, con productividad moderadamente alta, con costos de desarrollo de tierra mediano, el requerimiento de agua es medio.

Están dentro del sector Santa María y Campanayoc, con las siguientes características en sus fases: pendiente moderadamente empinada (15.1-30 %), con pedregosidad de la clase 3: pedregosos (3 – 15 %), la permeabilidad es (bueno w4), Grado de erosión (ligera E1), profundidad efectiva (profunda >150 cm)

- **Sub – Clase 3t/L33B:** Comprende una superficie de 11.19 ha. Corresponde a la clase de tierra (III), con deficiencia de topografía (t), son terrenos cultivados sin riego, con productividad moderadamente alta, con costos de desarrollo de tierra mediano, el requerimiento de agua es medio.

Están dentro del sector santa maría, con las siguientes características en sus fases: pendiente fuertemente inclinada 10.1-15 %, con pedregosidad de la clase 3: pedregosos (3 – 15 %), la permeabilidad es (bueno w4), Grado de erosión (ligera E1), profundidad efectiva (profunda 90-150 cm).

- **Sub – Clase 3st/L23B:** Comprende una superficie de 43.68 ha, corresponde a la clase de tierra (III), con deficiencia de suelo (s), con deficiencia de topografía (t), deficiencia de drenaje (d), son terrenos cultivados sin riego, con productividad medianamente alta, con costos de desarrollo de tierra mediano, el requerimiento de agua es medio.

Están dentro del sector: santa maría y Cochayoc, con las siguientes características: pendiente moderadamente empinada 15.1-30 %, con pedregosidad de la clase 3: pedregosos (3 – 15 %), la permeabilidad es (bueno w4), Grado de erosión (ligera E1), profundidad efectiva (profunda >150 cm).

- **Sub – Clase 3std/L24B:** Comprende una superficie de 26.81 ha. Corresponde a la clase de tierra (III), con deficiencia de suelo (s), deficiencia de topografía (t), deficiencia de drenaje (d), son terrenos cultivados sin riego, con productividad medianamente alta, con costos de desarrollo de tierra alto, el requerimiento de agua es medio.

Están dentro del sector: Cochayoc, con las siguientes características en sus fases: pendiente moderadamente empinada 15.1-30 %, con pedregosidad de la clase 3: pedregosos (3 – 15 %), la permeabilidad es (bueno w4), Grado de erosión (ligera E1), profundidad efectiva (profunda 90-150 cm).

- **Sub – Clase 3sd/L33B:** Comprende una superficie de 51.51 ha, corresponde a la clase de tierra (III), con deficiencia de suelos(s), deficiencia de topografía (t), son terrenos cultivados sin riego, con productividad moderadamente alta, con costos de desarrollo de tierra mediano, el requerimiento de agua es medio.

Están dentro del sector: santa maría, cochayoc, mercedesniyoc con las siguientes características en sus fases: pendiente fuertemente inclinada 15.1-30 %, con pedregosidad de la clase 3: pedregosos (3 – 15 %), la permeabilidad es (bueno w4), Grado de erosión (ligera E1), profundidad efectiva (profunda 90-150 cm).

- **Sub – Clase 3sd/L34B:** Comprende una superficie de 10.4 ha. Corresponde a la clase de tierra (III), con deficiencia de suelo, deficiencia de drenaje (d), son terrenos cultivados sin riego, con productividad moderadamente alta, con costos de desarrollo de tierra alto, el requerimiento de agua es medio.

Están dentro del sector mercedesniyoc, con las siguientes características: pendiente fuertemente inclinada 10.1-15 %, con pedregosidad de la clase 3: pedregosos (3 – 15 %), la permeabilidad es (bueno w4), Grado de erosión (ligera E1), profundidad efectiva (profunda 90-150 cm).

- **Sub – Clase 3st/L43B:** Comprende una superficie de 69.35 ha, corresponde a la clase de tierra (III), con deficiencia de suelo (s), topografía (t), son

terrenos cultivados sin riego, con productividad baja, con costos de desarrollo de tierra mediano, el requerimiento de agua es medio.

Están dentro del sector: sinkitoni, campanayoc, con las siguientes características: pendiente fuertemente inclinada 10.1-15 %, con pedregosidad de la clase 3: pedregosos (3 – 15 %), la permeabilidad es (bueno w4), Grado de erosión (ligera E1), profundidad efectiva (profunda 90-150 cm).

- **Sub – Clase 3t/L24B:** Comprende una superficie de 19.91 ha, corresponde a la clase de tierra (III), con deficiencia de topografía (t), son terrenos cultivados sin riego, con productividad medianamente alta, con costos de desarrollo de tierra alto, el requerimiento de agua es medio.

Están dentro del sector: santa maría, con las siguientes características en sus fases: pendiente fuertemente inclinada 10-15 %, con pedregosidad de la clase 3: pedregosos (3 – 15 %), la permeabilidad es (bueno w4), Grado de erosión (ligera E1), profundidad efectiva (profunda 90-150 cm).

- **Sub – Clase 3t/L23B:** Comprende una superficie de 38.43 ha, corresponde a la clase de tierra (III), con deficiencia de topografía (t), son terrenos cultivados sin riego, con productividad medianamente alta, con costos de desarrollo de tierra mediano, el requerimiento de agua es medio.

Están dentro del sector: santa maría, cochayoc con las siguientes características en sus fases: pendiente moderadamente empinada 15-30 %, con pedregosidad de la clase 3: pedregosos (3 – 15 %), la permeabilidad es (bueno w4), Grado de erosión (ligera E1), profundidad efectiva (profunda 90-150 cm).

Clase IV: Aptitud Limitada

Comprende aquellas tierras que son menos aptas para la agricultura bajo riego en comparación a la clase 3. Abarca una extensión aproximada de 706.86 ha que equivale a (36.68 %). Esta zona cuenta con un clima favorable fluctuando la temperatura entre 27 °C a 30 °C. Están agrupados por la capacidad productiva, topografía adecuada, la que les confiere características topo fisiográficas para una agricultura sustentable e rentable. En estos suelos, se cultivan en seco, con producciones moderadamente alta como especies de importancia económica: cítricos (*Citrus ssp*), cacao (*Theobroma cacao L.*), plátano (*Musa paradisiaca*), yuca (*Manihot esculenta*), etc. y otros cultivos anuales como: frijol (*Phaseolus vulgaris*), maíz (*Zea mayz*), uncucha (*Xanthosoma sagittifolium*) y hortalizas, sus cultivos son limitados. En estos suelos se ubican en los sectores: Santa María, Cochayoc, sinkitoni, huallpacalduyoc. Mercedesniyoc, campanayoc.

En esta clase se han identificado diez (10) Sub Clases:

- **Sub – Clase 4std/L42B:** Comprende una superficie de 7.31 ha, corresponde a la clase de tierra (IV), con deficiencia de suelo (s), deficiencia de topografía (t), son terrenos cultivados sin riego, con productividad muy baja, con costos de desarrollo de tierra medianamente bajo, el requerimiento de agua es medio.

Está dentro del sector: santa maría, con las siguientes características: pendiente moderadamente empinada 10.1-15 %, con pedregosidad de la clase 3: pedregosos (3 – 15 %), la permeabilidad es (bueno w4), Grado de erosión (ligera E1), profundidad efectiva (profunda >150 cm).

- **Sub – Clase 4std/L34B:** Comprende una superficie de 61.39 ha, corresponde a la clase de tierra (IV), con deficiencia de suelo (s), deficiencia de topografía (t), deficiencia de drenaje (d), son terrenos cultivados sin riego, con moderadamente alta, con costos de desarrollo de tierra alto, el requerimiento de agua es medio.

Está dentro del sector: Cochayoc, con las siguientes características en sus fases: pendiente moderadamente empinada (30.1 – 50 %) fuertemente empinada, con pedregosidad de la clase IV: pedregosos (3 – 15 %), la permeabilidad es (bueno w4), Grado de erosión (ligera E1), profundidad efectiva (profunda 90-150 cm).

- **Sub – Clase 4st/L43B :** Comprende una superficie de 180.3 ha, corresponde a la clase de (IV), con deficiencia de suelo(s), deficiencia de topografía (t), son terrenos cultivados sin riego, con la productividad bajo, con costos de desarrollo de tierra mediano, el requerimiento de agua es medio.

Está ubicado en los sectores: Santa María, Cochayoc, Sinkitoni, Huallpacalduyoc, Mercedesniyoc; con las siguientes características en sus fases: pendiente moderadamente empinada (15.1 – 40 %),

Con pedregosidad de la clase II: Moderadamente pedregoso (0.1 – 3 %), la permeabilidad es (bueno w4), Grado de erosión (ligera E1), profundidad efectiva (profunda 90-160 cm).

- **Sub – Clase 4st/L33B:** Comprende una superficie de 32.46 ha, corresponde a la clase de tierra (IV), con deficiencia de suelo (s), deficiencia de topografía (t), son terrenos cultivados sin riego, con la productividad moderadamente

alta, con costos de desarrollo de tierra mediano, el requerimiento de agua es medio.

Está ubicado en los sectores: Cochayoc, Mercedesniyoc; con las siguientes características en sus fases: pendiente moderadamente empinada (15.1 – 30 %), con pedregosidad de la clase II: Moderadamente pedregoso (0.1 – 3 %), la permeabilidad es (bueno w4), Grado de erosión (ligera E1), profundidad efectiva (profunda >150 cm).

- **Sub – Clase 4st/L44B:** Comprende una superficie de 126.33 ha. Corresponde a la clase de tierra (IV), con deficiencia de suelo (t), deficiencia de topografía (t), son terrenos cultivados sin riego, con la productividad baja, con costos de desarrollo de tierra alto, el requerimiento de agua es medio.

Está ubicado en los sectores: Cochayoc, sinkitoni, Huallpacalduyoc, Campanayoc, con las siguientes características en sus fases: pendiente fuertemente inclinada (10.1 – 15 %), con pedregosidad de la clase II: Moderadamente pedregoso (0.1 – 3 %), la permeabilidad es (bueno w4), Grado de erosión (ligera E1), profundidad efectiva (profunda >150 cm) profunda.

- **Sub – Clase 4st/L42B:** Comprende una superficie de 5.85 ha, corresponde a la clase de tierra (IV), con deficiencia de suelo (s), deficiencia de topografía (t), son terrenos cultivados sin riego, con la productividad baja, con costos de desarrollo de tierra medianamente bajo, el requerimiento de agua es medio.

Está ubicado en el sector: Cochayoc, con las siguientes características en sus fases: pendiente fuertemente inclinada (10.1 – 15 %), con pedregosidad

de la clase II: Moderadamente pedregoso (0.1 – 3 %), la permeabilidad es (bueno w4), Grado de erosión (ligera E1), profundidad efectiva (profunda >150 cm).

- **Sub – Clase 4st/L51B:** Comprende una superficie de 8.38 ha, corresponde a la clase de tierra (IV), con deficiencia de suelo (s), deficiencia de topografía (t), son terrenos cultivados sin riego, con la productividad muy baja, con costos de desarrollo de tierra bajo, el requerimiento de agua es medio.

Está ubicado en el sector: Cochayoc, con las siguientes características en sus fases: pendiente moderadamente empinada (15.1 – 30%), con pedregosidad de la clase II: Moderadamente pedregoso (0.1 – 3 %), la permeabilidad es (bueno w4), Grado de erosión (ligera E1), profundidad efectiva (profunda 90-150 cm).

- **Sub – Clase 4sd/L33B:** Comprende una superficie de 73.48 ha. Corresponde a la clase de tierra (IV), con deficiencia de suelo(s), son terrenos cultivados sin riego, con la productividad moderadamente alta, con costos de desarrollo de tierra mediano, el requerimiento de agua es medio.

Está ubicado en el sector: Cochayoc, sinkitoni con las siguientes características en sus fases: pendiente moderadamente empinada (15.1 – 30 %), con pedregosidad de la clase II: Moderadamente pedregoso (0.1 – 3 %), la permeabilidad es (bueno w4), Grado de erosión (ligera E1), profundidad efectiva (profunda >150 cm).

- **Sub – Clase 4t/L34B:** Comprende una superficie de 190.99 ha, corresponde a la clase de tierra (IV), deficiencia de topografía (t), son terrenos cultivados

sin riego, con la productividad moderadamente alta, con costos de desarrollo de tierra alto, el requerimiento de agua es medio.

Está ubicado en el sector: Cochayoc, Mercedesniyoc, con las siguientes características en sus fases: pendiente moderadamente empinada (15.1 – 30 %), con pedregosidad de la clase II: Moderadamente pedregoso (0.1 – 3 %), la permeabilidad es (bueno w4), Grado de erosión (ligera E1), profundidad efectiva (profunda >150 cm).

- **Sub – Clase 4t/L24B:** Comprende una superficie de 20.37 ha, corresponde a la clase de tierra (IV), deficiencia de topografía (t), son terrenos cultivados sin riego, con la productividad medianamente alta, con costos de desarrollo de tierra alto, el requerimiento de agua es medio.

Está ubicado en el sector: mercedesniyoc, con las siguientes características en sus fases: pendiente fuertemente inclinada (10.1 – 15 %), con pedregosidad de la clase II: Moderadamente pedregoso (0.1 – 3 %), la permeabilidad es (bueno w4), Grado de erosión (ligera E1), profundidad efectiva (profunda >150 cm).

Clase V – VI: No Apta

Los suelos agrupados en esta clase, comprende una superficie de 693.69 ha que representa a (46 %) del total 1498.75 ha, las tierras de esta clase no son aptas para riego porque comprende áreas con viviendas, cementerios, carretera afirmada y trochas carrózales, rivera de ríos que no tienen uso agrícola y áreas que actualmente se vienen deslizando.

1. M-H ZONA SUB URBANA (CENTROS POBLADOS, VIVIENDAS, CEMENTERIOS Y OTROS)

2. M-M TIERRA SIN USO Y MISCELANEA (ROQUERIOS, ZONA DE DESLIZAMIENTO, CAUCES DE RIO, CARRETERAS Y TROCHAS CARROZABLES).

En esta clase se ha identificado doce (13) Sub Clases:

- **Sub – Clase 5st/M:** Comprende una superficie de 162.14 ha, tierras sin uso y miscelánea (roquerios, zona de deslizamiento, causes de rio, carreteras, y trochas carrózales (M). Está ubicado en el sector: Cochayoc, sinkitoni, mercedesniyoc, campanayoc.
- **Sub – Clase 5sd/H:** Comprende una superficie de 2.87 ha, zonas Sub – urbanas. Está ubicado en el sector: sinkitoni.
- **Sub – Clase 5st/M-H:** Comprende una superficie de 67.15 ha. zonas Sub – urbanas y tierras sin uso miscelánea (roquerios, zona de deslizamiento, causes de rio, carreteras, y trochas carrózales (M-H). Está ubicado en el sector: Cochayoc, huallpacalduyoc ,mercedesniyoc
- **Sub – Clase 5t/M-H:** Comprende una superficie de 21.86 ha, zonas Sub – urbanas y tierras sin uso miscelánea (roquerios, zona de deslizamiento, causes de rio, carreteras, y trochas carrózales (M-H). Está ubicado en el sector: Cochayoc,
- **Sub – Clase 5st/H:** Comprende una superficie de 5.59 ha tierras sin uso miscelánea (roquerios, zona de deslizamiento, causes de rio, carreteras, y trochas carrózales (H). Está ubicado en el sector: sinkitoni.
- **Sub – Clase 6s/H-M:** comprende una superficie de 2.07 ha, sus limitaciones más importantes son: suelos (S), zonas Sub – urbanas (H-M).
- **Sub – Clase 6st/H-M:** Comprende una superficie de 136.15 ha, sus limitaciones más importantes son: suelos (S), deficiencia de topografía (t),

zonas Sub – urbanas y tierras sin uso miscelánea (roqueros, zona de deslizamiento, causes de rio, carreteras, y trochas carrózales (H-M). Está ubicado en el sector: Santa María, Cochayoc, sinkitoni.

- **Sub – Clase 6st/M-H:** Comprende una superficie de 240.41 ha, sus limitaciones más importantes son: suelos (S), topografía (t), zonas Sub – urbanas y tierras sin uso miscelánea (roquerías, zona de deslizamiento, causes de rio, carreteras, y trochas carrózales (M-H). Está ubicado en el sector: Santa María, Cochayoc.
- **Sub – Clase 6t/M-H:** Comprende una superficie de 43.37 ha, sus limitaciones más importantes son: deficiencia de topografía (t), zonas Sub – urbanas y tierras sin uso miscelánea (roquerías, zona de deslizamiento, causes de rio, carreteras, y trochas carrózales (M-H). Está ubicado en el sector: Cochayoc.
- **Sub – Clase 6st/M:** Comprende una superficie de 83.77 ha, sus limitaciones más importantes son: suelos (S), deficiencia de topografía (t), bosque (B), tierra sin uso (M). Está ubicado en el sector: Cochayoc, Huallpácalduyoc , Mercedesniyoc .
- **Sub – Clase 6st/H:** Comprende una superficie de 4.63 ha, sus limitaciones más importantes son: suelos (S), topografía (t), bosque (B), trochas carrózales, zonas sub urbanas. (H). Está ubicado en el sector: Cochayoc.
- **Sub – Clase 6st/H:** Comprende una superficie de 105.71 ha, sus limitaciones más importantes son: suelos (S), topografía (t), se caracterizan como: bosque (B) y Zona urbana (H). Está ubicado en el sector: Cochayoc. Sinkitoni, Huallpacalduyoc.

- **Sub – Clase 6s/M-H:** Comprende una superficie de 10.11 ha, sus limitaciones más importantes son: suelos (S). Se caracterizan como: bosque (B) y tierra sin uso, Zona urbana (H). Está ubicado en el sector: Cochayoc.

Cuadro N° 21. Superficie de clases y sub clases de tierras por aptitud para riego

VII. CONCLUSIONES

1. Las características físico químicas de los suelos se concluyen que son pertenecientes a: clases texturales franco arenosos especialmente de capa arable o primer horizonte del suelo, color de suelo en seco es 7.5 YR y 10 YR, tierra no salinos, tienen profundidad efectiva excelente de 0 – 155 cm, capa arable profundo de 30-50 cm, topografía empinado a moderadamente empinado (12 a 50 %) de pendiente, bajo Capacidad de Intercambio Catiónico (C.IC), Materia Orgánica baja a media (MO), fertilidad baja a media, contenido de carbonatos en mínimas proporciones (0.11 – 0.88 ppm), que no interfieren en su crecimiento y desarrollo de los cultivos, pH neutro a ligeramente alcalino de escala (6.6 a 7.8), una forma de acidificar es usar: Sulfato de aluminio o azufre, este último es recomendado por el tema de la economía del agricultor.
2. Con respecto a la velocidad de infiltración básica (VIB) de agua, con la metodología de cilindros infiltrometros de dobles anillos concéntricos y expresados en unidades de medida (cm/hr) se concluye que: en el sector Sinkitoni- prueba de infiltración n°5, es moderadamente lenta con (1.16 cm/hr), sector Santa maría - prueba de infiltración n°1, es moderada (2.10 cm/hr), mientras en el sector Campanayoc - prueba de infiltración n°10, es moderadamente rápido (6.82 cm/hr).
3. Se agrupo las tierras por aptitud agrícola: de clase II-III. Clase II, Que comprende el sector: Santa María con área de 8.19 ha (0.43 %). Clase III que comprende una área de 326.16 ha (16.93 %). En los siguientes sectores: Santa María con 127.94 ha, (39.23 %). Cochayoc con 70.91 ha, (21.74 %),Sinkitoni con 68.69 ha, (21.06 %). Mercedesniyoc con 29.42 ha, (9.02 %) y Campanayoc con 29.2 ha. (8.95 %). Y la clase IV con una Aptitud limitada de 706.86 ha (36.68 %), tiene los sectores: Santa María con 45.74 ha (6.47 %),Cochayoc con 360.81 ha (51.04 %), Sinkitoni

con 92.22 ha (13.05 %), Huallpacalduyoc con 25.25 ha (3.57 %), mercedesniyoc con 113.4 ha (16.04 %), y Campanayoc con 69.44 ha (9.82 %). La clase V- VI tierras no aptas con 885.83 ha (45.97 %). Que comprende áreas misceláneas: bosques, viviendas, caminos, carreteras, etc.

VIII. RECOMENDACIONES

- Realizar análisis de suelos de tipo macro y micro nutrientes por horizontes de suelos, para recomendar un nivel de fertilización.
- Se necesita realizar estudios agroeconómicos para determinar, si los rendimientos de los cultivos tenga la capacidad de sostener el pago los costos por derecho de uso de agua y rente económicamente para el productor.
- Reevaluar en cuanto a su aptitud para la producción de cultivos denominado Tipo de Uso de la Tierra (TUT). Para establecer alternativas de manejo y mejoramiento para encontrar la aptitud potencial.
- Incorporación de materia orgánica para mejorar la textura y fertilidad de los suelos agrícolas. Especialmente en la clase de tierra II-III-IV.
- Para la tierra de clase II. Instalar cultivos de acuerdo a (ZEE) como: cacao, cítricos, plátanos, piña, si se trata de pendientes pronunciados trabajar en curvas a nivel.
- Se recomienda acidificar los suelos con sulfato de aluminio con una dosis de 500 gr /m² su acción es rápida pero costoso, o el más económico con azufre con una dosis de 50 gr/m², pero su acción es lento en bajar una escala de PH, si se trata para cultivos.
- Instalar en campo definitivo, las plantaciones de los cultivos bajo el sistema tres bolillo y a curvas de nivel, para evitar la pérdida de la capa arable y la consecuente erosión de suelos. Especialmente en las clases de tierra IV.
- Introducir gradualmente las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) conservacionistas a los cultivos perennes y permanentes que actualmente se mantienen en los sectores de la Cuenca Chirumbia.

IX. BIBLIOGRAFÍA

1. **ANTONIO J. & ESTRADA (1963)**. “Manual de clasificación de Tierras con fines de riego”, (traducción del rand clasificación manual U.S.A).Parte 2. División de Edafoeconomía. República de Venezuela. Dirección de Obras Hidráulicas.
2. **BLANCO, S. R. (1999)**. “El Infiltrómetro De Cilindro Simple Como Método De Cálculo De La Conductividad Hidráulica De Los Suelos”. España, Facultad de filosofía y Letras.
3. **BUREAU OF RECLAMATION MANUAL, (1979)**. “Manual de Clasificación de Tierras con fines de Riego”. USA, (Traducido por Antonio Estrada R), United States of The interior.
4. **CISNEROS, A. R. (2003)**. Apuntes de “Riego y Drenaje”.
5. **CASTAÑÓN, T. G. (2000)**. Ingeniería de Riego “Utilización racional de Agua”. España. Edit. Spin, Paraninfo S.A.
6. **Coony & Perhrson. (1995)**. Infiltración de agua de un surco de riego.
7. **ESVEN, V. (2009)**. Velocidad y clases de infiltración de agua. UNA – La MOLINA
8. **FAO-UNESCO, (1988-1990)**. “Descripción de perfiles morfológico de suelos”.
9. **FUENTES, Y. J. (1994)**. “Técnicas de riego”. Madrid – España Edit. Mundo Prensa. Edición.
10. **FAO, (1974)**. “Soil Survey Manual y Soil Taxonomy”. USA.
11. **FAO, ROMA, (2009)**, “Guía para la Descripción de los Suelos”, Bolivia. Cuarta edición Traducido y adaptado al castellano por Ronald Vargas Rojas (Proyecto FAOSWALIM, Nairobi, Kenya-Universidad Mayor de San Simón,).
12. **GUROVICH, A. L. (1985)**. “Fundamentos y Diseños de Sistemas de Riego”. San José, Costa Rica, primera edición IICA. Pág. 151.
13. **JARAMILLO, D. (2002)**, “Introducción a la Ciencia del Suelo”. Pág. 333
14. **LORENZO, H. L.** “Fundamentos de Riego”. Lima, Perú. Facultad de Agronomía UNALM.
15. **LIZARRAGA. R. (1966)**: “estudio agrologicos de seis pequeñas irrigaciones – oficina nacional de evaluación de recursos naturales”

16. **MGAP-RENARE. (2014).** “Manual De Descripción, Muestreo De Suelos Y Análisis De Laboratorio”. Uruguay.
17. **MARGALEF, R. (1992).** Planeta azul.
18. **MUNSELL, (1975).** Determinación del color del suelo.
19. **NUÑEZ, V. F. (2001).** Tesis” Proyecto de Riego Por aspersion en la localidad de Karhua” FAZ – UNSAAC.
20. **PLAN MERIS, (1988).** “Proyecto de riego Yanahura”. Lamina 01.
21. **SOIL SURVEY DIVISION STAFF (SSDS, 1993).** “Introducción a la Ciencia del Suelo”.
22. **SOIL SURVEY LABORATORY (SSL, 1995, 1996),** “Introducción a la Ciencia del Suelo”.
23. **USDA, (1999).** “Soil Sol Survey Staff & Quality Test Kit Guide”. Washington. D.D: Agricultural Research Service and Natural Resources Conservation Service-Soil Quality Institute.
24. **URRIOLA. P.L. (1966):** “Estudio agrologico y de clasificación de tierras con fines para riego, detallados del asentamiento campesino - el pao “ Division de edafologia. Barcelona. Informe N° 7.
25. **VALLE DE CHILCA. (1994).** “Clasificación de tierras con aptitud para riego”, Parte 4.
26. **VILLAGARCIA, E.** “Velocidad y Clases de infiltración de Agua (cm/hr)” – UNA – La MOLINA.
27. **ZAVALETA, G.A. (1992).** Edafología de suelos.

X. ANEXOS