

UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICO DEL SUELO Y
AGUA CON FINES DE DISEÑO DE RIEGO POR ASPERSIÓN
PARA EL CULTIVO DE ALFALFA, EN LA LOCALIDAD DE
VILCABAMBA, HUARI, ANCASH - 2018”**

PRESENTADO POR:
MÉNDEZ ORTIZ, DANTE LUIS

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÍCOLA.

ASESOR:
Dr. JOSÉ ALEJANDRO, NARVÁEZ SOTO

HUARAZ - PERÚ

2021

FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, CONDUCENTES A OPTAR TÍTULOS PROFESIONALES Y GRADOS ACADÉMICOS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

1. Datos del autor:

Apellidos y Nombres: _____

Código de alumno: _____ Teléfono: _____

E-mail: _____ D.N.I. n°: _____

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Tipo de trabajo de investigación:

- | | |
|--|------------------------------------|
| Tesis | Trabajo de Suficiencia Profesional |
| Trabajo Académico | Trabajo de Investigación |
| Tesinas (presentadas antes de la publicación de la Nueva Ley Universitaria 30220 – 2014) | |

3. Título Profesional o Grado obtenido:

4. Título del trabajo de investigación:

5. Facultad de: _____

6. Escuela, Carrera o Programa: _____

7. Asesor:

Apellidos y nombres _____ D.N.I n°: _____

E-mail: _____ ID ORCID: _____

8. Estilo de Citas: _____

9. Tipo de acceso al Documento:

- Acceso público* al contenido completo. Acceso restringido** al contenido completo

Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Santiago Antúnez de Mayolo una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundirlo en el Repositorio Institucional, respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso de que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

10. Originalidad del archivo digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.



Firma del autor

11. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para las investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica.



El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Recolector Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

12. Para ser llenado por la Dirección del Repositorio Institucional

Fecha de recepción del documento por el Repositorio Institucional:

Huaraz,

Firma: 
Varillas William Eduardo
Asistente en Informática y Sistemas
- UNASAM -



***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.



UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CIUDAD UNIVERSITARIA DE SHANCAYÁN TELEFAX 043 426 588 - HUARAZ - ANCASH - PERÚ



ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los miembros del jurado, luego de evaluar la tesis titulada: **"CARACTERIZACION FISICOQUIMICO DEL SUELO Y AGUA CON FINES DE DISEÑO DE RIEGO POR ASPERSION PARA EL CULTIVO DE ALFALFA, EN LA LOCALIDAD DE VILCABAMBA, HUARI, ANCASH - 2018"**, presentado por el Bachiller en Ciencias de Ingeniería Agrícola **DANTE LUIS MENDEZ ORTIZ**, y sustentado el día 07 de Diciembre del 2020, por Resolución Decanatural N° 343 -2020 - UNASAM - FCA, la declaramos CONFORME.

Huaraz, 07 de Diciembre de 2020.

Dr. TEÓFANES MEJÍA ANAYA

PRESIDENTE

Mag. JAVIER ALBERTO COTOS VERA

VOCAL

Dr. PEDRO ALEJANDRO COLONIA CERNA

SECRETARIO

Dr. JOSÉ ALEJANDRO NARVÁEZ SOTO

PATROCINADOR



DEDICATORIA

A Dios por darme la oportunidad de vivir
y por estar conmigo en cada paso que doy,
por fortalecer mi corazón y iluminar mi
mente y por haber puesto en mi camino
aquellas personas que son mi soporte y
compañía día a día.

A mis padres, Lucio Carlos Méndez Días
y Blanca Teodora Ortiz Tinoco y mi
hermana , por sus consejos, sus valores y
su apoyo incondicional en los momentos
más difíciles de mi caminar académico y
de la vida; por creer en mí, brindándome
su cariño en todo momento y por darme
ejemplos dignos de superación y entrega.

A mi querida estrella y mi hermoso hijo
Leonardo, por ser el motor que impulsa a
ser mejor cada día, por iluminar mis días
y hacerme el hombre más feliz de este
mundo.

AGRADECIMIENTO

En estas líneas quiero agradecer a todas las personas que hicieron posible esta investigación y que de alguna manera estuvieron conmigo en los momentos difíciles, alegres, y tristes. Estas palabras son para ustedes. A mis padres por todo su amor, comprensión y apoyo, pero sobre todo gracias infinitas por la paciencia que me han tenido. No tengo palabras para agradecerles las incontables veces que me brindaron su apoyo en todas las decisiones que he tomado a lo largo de mi vida, unas buenas, otras malas, otras locas. Gracias por darme la libertad de desenvolverme como ser humano

A mi hermana por llenarme de alegría día tras día, por todos los consejos brindados, por compartir horas y horas de películas, series, por las peleas, los gritos. ¡Sin caídas y derrotas no hay vida! No es eso lo que dicen las personas que siempre estuvieron ahí para mi.

A mis amigos. Con todos los que compartí dentro y fuera de las aulas. Aquellos amigos del cole, que se convierten en amigos de vida y aquellos que serán mis colegas, gracias por todo su apoyo y diversión.

No puedo dejar de agradecerte especialmente a a ti Estrella, mi compañera fiel de Universidad y ahora de corazón y vida.

CONTENIDO GENERAL

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
CONTENIDO GENERAL.....	IV
CONTENIDO DE TABLAS	VI
CONTENIDO DE FIGURAS	VII
CONTENIDO DE ECUACIONES.....	VIII
CONTENIDO DE ANEXOS	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT.....	XI
I.INTRODUCCIÓN	1
1.1 Generalidades	1
1.2.1 Estudio de caracterización fisicoquímica de agua y suelo	2
1.2 OBJETIVOS	2
1.2.1 Objetivo General.	2
1.2.2 Objetivo Específicos.....	2
II.REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Antecedentes del tema	3
2.1.1 Antecedentes Internacionales	3
2.1.2 Antecedentes Nacionales	4
2.2 Marco Teórico	6
2.2.1. El suelo	6
2.3 Conceptos.....	69
2.3.1. Acidez del Suelo.	69
2.3.2. Fertilidad del Suelo	69
2.3.3. El suelo	69
2.3.4. Meteorización.....	70
2.3.5. Perfil del Suelo	70
2.3.6. Profundidad Efectiva del Suelo	70
2.3.7. Reacción del Suelo	70
2.3.8. Suelo.....	70
2.3.9. Terreno de Cultivo	70
2.3.10. Textura del Suelo	70
2.3.11. Uso del Suelo	70

2.3.12. Peso Específico.....	71
2.3.13. Humedad del Suelo.....	71
2.3.14. Salinización	71
2.3.15. Capilaridad.....	71
2.3.16. Porosidad.....	71
2.3.15. Suelo Homogéneo.....	71
2.3.15. Suelo Saturado.....	71
III MATERIALES Y MÉTODOS.....	72
3.1. Tipo de Investigación.....	72
3.2. Descripción de la Zona de Estudio.....	72
3.3. Materiales	72
3.3.1 Información Básica	72
IV RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	77
4.1 Resultados y Discusiones del Objetivo 1.....	77
4.1.1 Propiedades Físicas del Suelo	77
4.2 Resultados y Discusiones del Objetivo 2.....	89
4.2.1 Propiedades físicas del agua.....	89
4.2.2 Propiedades químicas del agua.	89
4.3 Resultados y Discusiones del Objetivo 3.....	92
4.3.1 Diseño.....	92
V. CONCLUSIONES.....	94
VI. RECOMENDACIONES.....	96
VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	97
VIII. ANEXOS.....	99
.....	122

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Clase de Textura (usda)	11
Tabla 2. Clase de Textura (iss).....	12
Tabla 3 Clase de Textura (internacional).....	12
Tabla 4. Rangos de velocidad de infiltración básica de los diferentes tipos de suelo.	26
Tabla 5. Valores normales de capacidad de campo y punto de marchitez para suelos de diferentes texturas.	33
Tabla 6. Rangos de pH óptimos para tratamientos en distintos cultivos	35
Tabla 7. Clasificación del Suelo Según su Conductividad Eléctrica.....	43
Tabla 8. Relación entre coloide y CIC.....	46
Tabla 9. Relaciones entre Textura del Suelo y CIC.....	46
Tabla 10. Categorías de Materia Orgánica.	49
Tabla 11. Valores considerado normales de un análisis de aguas de riego	50
Tabla 12. Clases de Conductividad (salinidad).....	54
Tabla 13. Presencia de Sodio.....	54
Tabla 14. Efectos del pH en Rendimiento de Forrajera en Toneladas	58
Tabla 15. Niveles de Fertilidad.....	58
Tabla 16. Factor de evapotranspiración potencial (E).....	61
Tabla 17. Valores de Kc herbáceos y hortícolas	64
Tabla 18. Tiempo de riego promedio para humedecer hasta 1.0 m de profundidad	67
Tabla 19. Lectura de Cilindro Infiltrómetro	75
Tabla 20. Propiedades Físicas de los Calicata N°01	77
Tabla 21. Propiedades Físicas de los Calicata N°02	78
Tabla 22. Propiedades Físicas de los Calicata N°03	79
Tabla 23. Propiedades Físicas de los Calicata N°04	80
Tabla 24. Propiedades Físicas de los Calicata N°05	81
Tabla 25. Propiedades Físicas de las Calicata N°06	82
Tabla 26. Propiedades Químicas de la Calicata N°01.....	83
Tabla 27, Propiedades Químicas de la Calicata N°02.....	84
Tabla 28. Propiedades Químicas de la Calicata N°03.....	85
Tabla 29. Propiedades Químicas de la Calicata N°04.....	86
Tabla 30. Propiedades Químicas de las Calicata N°05	87
Tabla 31. Propiedades Químicas de las Calicata N°06	88
Tabla 32. Parámetros químicos de la calidad de agua para riego químicas del agua	89

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Triangulo de Textura.....	13
Figura 2. Génesis de la Estructura.	16
Figura 3. Fuerzas de cohesión entre partículas de arena. F=fuerza de unión entre partículas esféricas; a= radio de las partículas; A=tensión superficial; θ =ángulo de contacto.	16
Figura 4. Tipo de Estructura del Suelo	18
Figura 5. Curvas características de la velocidad de infiltración e infiltración acumulada de un suelo	23
Figura 6. Variación de la curva de velocidad de infiltración por la textura del suelo	24
Figura 7. Calificación de la Densidad Aparente	31
Figura 8. Detalle de la Red de Poros del Suelo	31
Figura 9. Absorción de Nutrientes según el pH del Suelo	35
Figura 10. Origen de la Acumulación de Sales en el Suelo.	38
Figura 11. la planta no es capaz de absorber el agua, sufre estrés hídrico y se seca	40
Figura 12. Relación entre el PSI y la Concentración de Sales en el Agua del Suelo	42
Figura 13. Comparación de Capacidad de Intercambio Catiónico.	45
Figura 14. El contenido de Materia Orgánica del suelo es un equilibrio entre los aportes (entradas) y las perdidas por descomposición (salidas)	48
Figura 15. Riesgo de Salinización del Suelo según la Conductividad Eléctrica o el contenido total de Sales del Agua de Riego.	53
Figura 16. Normas de Riverside para Evaluar la Calidad de las Aguas de Riego. (U.S. Soild Salinity Laboratory).	55
Figura 17. Sistema de Riego Tecnificado.	59
Figura 18. Rangos típicos esperados del valor de Kc para las cuatro etapas del crecimiento ...	63
Figura 19. Distribución y optimización del agua aplicada.....	68
Figura 20. Plano topográfico y bms	73
Figura 21. Kostiakov para la Infiltración Acumulada.....	114

CONTENIDO DE ECUACIONES

Ecuación 1. Velocidad de infiltración.....	22
Ecuación 2. Infiltración Acumulada	22
Ecuación 3. infiltración básica.....	25
Ecuación 4. Densidad aparente.....	28
Ecuación 5. Densidad real	28
Ecuación 6. Volumen de la muestra ocupado por poros	29
Ecuación 7. Riesgo de acumulación de sodio (SAR).....	38
Ecuación 8. Efecto del sodio intercambiable	41
Ecuación 9. concentración crítica de sales (X)	41
Ecuación 10. conductividad eléctrica	43
Ecuación 11. Contenido Total de Sales.	52
Ecuación 12. Evapotranspiración Potencial (ETP)	61
Ecuación 13. Factor de corrección por la humedad relativa.	61
Ecuación 14. Factor de corrección por la altitud de la zona.....	61
Ecuación 15. Evapotranspiración. Real	62

CONTENIDO DE ANEXOS

Anexo 1. Resultados caracterización fisicoquímica del suelo (calicata N°01).	100
Anexo 2. Resultados caracterización fisicoquímica del suelo (calicata N°02).	101
Anexo 3. Resultados caracterización fisicoquímica del suelo (calicata N°03).	101
Anexo 4. Resultados caracterización fisicoquímica del suelo (calicata N°04).	102
Anexo 5. Resultados caracterización fisicoquímica del suelo (calicata N°05).	103
Anexo 6. Resultados caracterización fisicoquímica del suelo (calicata N°06).	105
Anexo 7. Resultados de Análisis de Agua.....	106
Anexo 8. Cedula y calendario de cultivo.....	107
Anexo 9. Precipitación total mensual	108
Anexo 10. Distribución de frecuencias (ordenados de > a < ene - dic)	109
Anexo 11. interpolación del incremento de la precipitación.....	109
Anexo 12. Distribución de la precipitación efectiva según Warter Power Service (WPS-USA)	110
Anexo 13. Humedad relativa media mensual (%)	110
Anexo 14. Temperatura media mensual (c°)	111
Anexo 15. Cálculo de la evapotranspiración	112
Anexo 16. Cálculo de la demanda de agua.....	112
Anexo 17.	114
Anexo 18. <i>Diseño agronómico.</i>	115
Anexo 19. Diseño hidráulico de tubería	119
Anexo 20. Panel fotográfico	120

RESUMEN

Una de las mayores preocupaciones a nivel mundial, nacional y regional es la influencia que a tenido y tendrá el calentamiento global, evidenciándose atreves de inundaciones, sequias, olas de calor entre otros, las cuales podrían generar déficit de los recursos hídricos en la población rural y otros impactos a nivel social y económico. El objetivo del presente trabajo es evaluar las características físicas y químicas del suelo y del agua que deben ser tomadas en cuenta para diseñar un sistema de riego por aspersión para el cultivo de alfalfa, en la localidad de Vilcabamba. Los trabajos realizados en campo, laboratorio y gabinete consistieron: levantamiento topográfico, toma de muestras de suelo y agua, las muestras de suelo y agua se obtuvieron y fueron llevadas al laboratorio de agua y suelos de la UNASAM según las normas protocolares, con la finalidad de analizar sus propiedades físicas y químicas del suelo y el agua. En gabinete se procesó la información obtenido del laboratorio obteniéndose: información gráfica de los perfiles estratigráfico, plano topográfico de las parcelas en estudio. Los resultados obtenidos fueron los siguientes se encontraron 58 unidades parcelarias que sumaron en total 20.77 hectáreas de las cuales se tomaron al azar 6 unidades parcelarias para analizar su caracterización fisicoquímica de las muestras de suelos y respectivamente del agua, en el Diseño agronómico los terrenos de estudio en la localidad de Vilcabamba son de textura Franco Arcillo arenoso, presentando vertisoles con estructura prismática el cual tiene las siguientes características: la Capacidad de Campo es de 32 % y Punto de Marchitez Permanente es de 13%, estos valores fueron obtenidos en laboratorio. La velocidad de infiltración para el suelo Franco Arcillo arenoso de 2.50 cm/h. Para el análisis de agua la muestra se ubicada en la clase C2-S1. Finalmente, se presenta el diseño de riego por aspersión para el cultivo de alfalfa de manera en forma óptima y técnica

Palabra Clave: velocidad de infiltración, C2-S1,

ABSTRACT

One of the major concerns at the global, national and regional level is the influence that global warming has had and will have, evidenced by floods, droughts, heat waves, among others, which could generate a deficit of water resources in the rural population. and other impacts at the social and economic level. The objective of this work is to evaluate the physical and chemical characteristics of the soil and water that must be taken into account to design a sprinkler irrigation system for the cultivation of alfalfa, in the town of Vilcabamba. The work carried out in the field, laboratory and office consisted of: topographic survey, soil and water sampling, soil and water samples were obtained and taken to the UNASAM water and soil laboratory according to protocol standards, with the purpose to analyze their physical and chemical properties of soil and water. In the office, the information obtained from the laboratory was processed, obtaining: graphic information of the stratigraphic profiles, topographic plan of the plots under study. The results obtained were the following, 58 parcel units were found that added a total of 20.77 hectares of which 6 parcel units were randomly taken to analyze their physicochemical characterization of the soil samples and respectively of the water, in the agronomic design of the study lands in the Vilcabamba locality they are of a sandy clay loam texture, presenting vertisols with a prismatic structure which has the following characteristics: the Field Capacity is 32% and the Permanent Wilt Point is 13%, these values were obtained in the laboratory. The infiltration rate for the sandy clay loam soil of 2.50 cm / h. For the water analysis, the sample is located in class C2-S1. Finally, the sprinkler irrigation design for the cultivation of alfalfa is presented in an optimal and technical way

Key Word: infiltration rate, C2-S1,

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

Cada vez resulta más evidente la escasez de los recursos hídricos en la sierra del Departamento de Ancash y los demás departamentos del Perú, debido al cambio climático llevando a la desglaciación de los nevados, evaporación de los canales de tierra existente en las partes altas de las cuencas y el mal manejo del recurso hídrico. Este hecho se traduce en una disminución de la disponibilidad hídrica de las principales fuentes de agua superficiales locales, que en muchos casos ha obligado a la optimización de su aprovechamiento con fines de riego. Por este motivo en muchos lugares se han planteado la incorporación de sistemas de riego tecnificado.

La implementación del sistema de riego tecnificado incrementará la producción y productividad del cultivo de Alfalfa en un área de 20.77 ha, con lo que se mejorarían los ingresos económicos de 58 familias dedicadas al agro en la zona de estudio.

Los criterios de diseño de las diferentes estructuras y componentes del sistema de riego tienen en cuenta la funcionalidad hidráulica, economía en los recursos empleados que faciliten la operación del sistema, procurando mantener un presupuesto aceptable. Para lo cual se hizo el diseño agronómico e hidráulica con los datos obtenidos y revisión bibliográfica y datos recolectados en campo del proyecto, llegando al siguiente planteamiento del sistema de riego por aspersión para una mayor eficiencia.

El sistema es de carga natural, debido a que se va aprovechar el desnivel topográfico entre el reservorio y las parcelas. Se ha considerado un total de 58 unidades de módulo de riego, con 6380.48 ml de tubería PVC de diámetros que varían desde 6" @ 3/4" tratando de cumplir con los parámetros de diseños establecidos por PSI llegando a las presiones óptimas de cada aspersor que varían desde los 10 m.c.a hasta los 25m.c.a.

1.2.1 Estudio de caracterización fisicoquímica de agua y suelo

La caracterización fisicoquímica del agua y suelo, para el diseño de riego tecnificado en el cultivo de alfalfa han sido estudiados por diferentes autores e instituciones los cuales han sido mayormente realizados en centro y sur del Perú para zonas ganaderas, la alfalfa se utiliza como alimento de ganado vacuno, ovino, porcino, caballar y aves de corral.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General.

Evaluar la Caracterización fisicoquímico del suelo y agua con fines de diseño de riego por aspersión para el cultivo de alfalfa, en la localidad de Vilcabamba, Huari, Ancash-2018"

1.2.2 Objetivo Específicos.

Analizar las características fisicoquímico del suelo que deben ser tomadas en cuenta para el diseño agronómico de riego por aspersión para el cultivo de alfalfa.

Analizar las características fisicoquímico del agua que deben ser tomadas en cuenta para el diseño hidráulico de riego por aspersión para el cultivo de alfalfa.

Proponer el diseño hidráulico del sistema de riego por aspersión para el cultivo de la alfalfa con el propósito de incrementar el rendimiento de los cultivos de los agricultores en 20.77 hectáreas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes del tema

En este capítulo se ha realizado un repaso de las pequeñas irrigaciones escrita por el Programa Subsectorial de Irrigaciones (PSI), donde detalla la metodología para realizar el estudio agronómico e hidráulico para pequeñas irrigaciones, permitiendo así al futuro lector de esta investigación tener una idea global para poder realizar un estudio más complejo de irrigaciones y poder comprender el porqué de la importancia de los estudios preliminares para realizar el sistema de riego por aspersión en el cultivo de alfalfa.

2.1.1 Antecedentes Internacionales

El Departamento de Agricultura de España (1999), refiere que la elección del método de riego más adecuado se realiza en función de factores como:

-La topografía, el riego por superficie precisa de una nivelación muy precisa del terreno. Esta nivelación puede en ocasiones dañar al suelo y ser más costosa que el equipamiento necesario para el riego por aspersión o goteo.

-Las características físicas del suelo, mientras que los sistemas de aspersión y goteo son poco sensibles a las propiedades del suelo, el riego por superficie necesita de suelos de infiltración media. A diferencia del riego con aspersión y goteo, si el suelo presenta una tasa de infiltración baja, pueden darse problemas de escorrentía y erosión.

-El tipo de cultivo, hay cultivos que se realizan de forma óptima en algunos sistemas de riego. Los árboles frutales se desarrollan muy adecuadamente en riego por goteo, y los cultivos hortícolas se suelen asociar al riego por surcos o al riego por goteo.

-La disponibilidad de agua, los sistemas que puedan resultar más eficientes en una determinada situación serán los más adecuados cuando la disponibilidad de agua es baja.

-La calidad del agua, en general una deficiente calidad química del agua será más dañina para el cultivo si éste se moja con el agua de riego, por lo que el riego por aspersión no se recomienda en la mayoría de los casos de baja calidad del agua.

-El costo de instalación, este es un factor importante, aunque actualmente los costos de implantación de nuevos sistemas de riego por superficie, aspersión y goteo pueden ser similares de acuerdo al diseño del proyectista.

-El efecto sobre medio ambiente, los problemas de baja eficiencia de riego o los derivados del impacto ambiental de acequias, nivelaciones, tuberías, canales o estaciones de bombeo suponen un factor de creciente importancia en la elección del sistema de riego.

Según el USDA (1970), el método de riego por aspersión es aquel donde el agua es aplicada sobre la superficie foliar de modo parecido a la lluvia, la aspersión se obtiene al impulsar el agua a una determinada presión a través de pequeños orificios o boquillas.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

En el trabajo de investigación “evaluación y diseño de un sistema de riego por aspersión en la comunidad campesina Juan Velasco Alvarado”; menciona que la evaluación para el riego por aspersión tiene un área de riego de 12 hectáreas con un caudal de 6 l/s, la misma que beneficiará a 68 familias en la Comunidad Campesina Juan Velasco Alvarado. El cual menciona que tiene como propósito tomar decisiones respecto al proyecto en mención, el cual realizo diferentes cálculos hidráulicos. La fuente principal de riego en mención es la captación el Pujio Miski Uno, 1.30m, ancho 1.30m, y con una altura

de 1.20m, con un cono de rebose de 4" x 2", se cuenta con un canal de transición de tipo revestido de sección transversal rectangular, con una plantilla de 0.30m, tirante de 0.25m, de una longitud de 2m, para conectarse al desarenador con un largo de 1.00m, altura de 1.20m, el cual cuenta con un tubo de rebose y de salida de 3" de clase 7.5, Con un costo infraestructura es de S/. 132 240.99 soles. **(Mendoza y Leibniz, 2017, p.9)**

En el trabajo de investigación "Propuesta del Plan de manejo Ambiental en Sistemas de Riego por Aspersión" Menciona que las propiedades físicas del suelo a consecuencia del proceso constructivo se da la compactación del suelo a consecuencia del uso de diferentes equipos y maquinarias, esto disminuyen los espacios porosos por acción mecánica sobre el suelo. También hace mención que por medio de otras acciones dentro de los procesos ya mencionados generarían cambios en la estructura, textura y otras propiedades del suelo pero en menor grado de intensidad.

Propiedades químicas del suelo: manifiesta que la alteración de las propiedades químicas del suelo dadas en la etapa de mantenimiento por el uso de insumos químicos que podrían afectar la CIC, el pH del suelo, los nutrientes del suelo o generar salinización en el suelo.

Calidad de agua: revela que un riesgo de contaminación del agua, tanto superficiales como subterráneas, podrían verse afectados por derrames de insumos químicos o hidrocarburos, infiltraciones de sustancias producto de los efluentes líquidos y residuos sólido. **(Huamaní, Ruiz ,2016, p.10)**

Los resultados de la investigación "**Propuesta Metodológica de Programación de riego por aspersión mediante el tanque evaporímetro clase a - irrigación Huaccoto – Orurillo**" indican que: Las características hidráulicas de la infraestructura de riego están en buen estado, según el plan de cultivos, el cultivo de forrajes y pasturas (Alfalfa), con

mayores incidencias llegando a cubrir el 93.56% esto explica que la zona en estudio se encuentra ubicado en una zona de alto índice de producción ganadera, la predicción de la evapotranspiración de referencia a partir del método de medición del tanque evaporímetro clase A, tiene los siguientes resultados ETo mínima se da en el mes de febrero con un 2.70 mm/día y un máximo en el mes de mayo con un 4.06 mm/día y un promedio de 3.73 mm/día.

La programación de riego (Alfalfa) da como resultado a sus diferentes fases y periodos vegetativos, la frecuencia de riego será de 10.0 días, los tiempos de aplicación de agua serán de 6.0 horas en las fases de emergencia, crecimiento y floración, 5 horas en la fase de maduración y el jornal de riego será de 12.0 y 10.0 Horas/día, de tal forma que se tendrá 2.0 cambios de posición por lateral de riego. **(Coila y Ramiro, 2013, p.15)**

2.2 Marco Teórico

2.2.1. El suelo

López (2005), Refiere que: “En la definición de suelo que ofrece el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USA, 1998), El suelo es un cuerpo natural formado por una fase sólida (minerales y materia orgánica), una fase líquida y una fase gaseosa que ocupa la superficie de la tierra, organizada en horizontes o capas de materiales distintos a la roca madre, como resultado de adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de materia y energía, que tiene capacidad para servir de soporta las plantas con raíces en un medio natural. Los límites superiores del suelo son la atmósfera, las aguas superficiales poco profundas (es decir, que pueden soportar el crecimiento de raíces), las plantas vivas o el material orgánico que no ha comenzado a descomponerse. Los límites horizontales los constituyen áreas donde el suelo es invadido por aguas profundas (más de 2.5 m), materiales estériles, rocas o hielo. El límite inferior está

constituido por la roca dura y continua. De manera arbitraria, la profundidad máxima del suelo se establece en 2 m.

De este modo, la visión del suelo como una intersección de atmósfera, litosfera, hidrosfera y biosfera ha dejado paso a un concepto de suelo como un subsistema de los ecosistemas terrestres.

Este concepto sistémico del suelo implica tres características fundamentales:

-Complejidad: El suelo está caracterizado por una atmósfera interna, una economía particular del agua, una flora y fauna determinada, unas Partículas minerales y unas partículas orgánicas, estando todos estos componentes fuertemente relacionados.

-Dinamismo: El suelo adquiere progresivamente sus propiedades por la acción combinada del medio. La roca madre se altera por influencia del clima y la vegetación; los residuos vegetales y animales son atacados por los microorganismos del suelo, forman complejos orgánicos coloidales que se denominan humus y que después se mineralizan progresivamente; se establecen uniones más o menos íntimas entre los minerales procedentes de la alteración de la roca y el humus; las sustancias solubilizadas y las partículas coloidales sufren migraciones. Así, al fin de su proceso evolutivo, el suelo da lugar a un medio estable y equilibrado con el clima, la vegetación y la roca madre. Sin embargo, este equilibrio puede romperse mediante una modificación apreciable del clima o la vegetación, comenzando un nuevo proceso de evolución.

2.2.1.1. Análisis del Suelo

Roberto M. Alfonso (2012), Refieren que: Actualmente el productor ha tomado conciencia de la importancia del suelo en el rendimiento de sus cultivos. Es por ello, que, si quiere tener un suelo lo más cercano al suelo ideal para su zona, deberá hacer un análisis completo del mismo, tanto químico como físico, si fuera o fuese necesario.

El análisis deberá tener en cuenta el pH, la Conductividad Eléctrica, Carbono total, Nitrógeno total, Materia Orgánica, Bases de cambio (calcio, magnesio, potasio, sodio), Capacidad de intercambio catiónico (CIC), fósforo extractable, nitratos, azufre y micronutrientes: hierro, manganeso, cobre, zinc, boro, molibdeno. Textura (arena, limo, arcilla). En función de la interpretación de dicho análisis, el profesional que lo asesora podrá no solo saber que nutrientes están en falta o en exceso, resultando antagónicos en algunos casos para la absorción de otro nutriente disponible; sino que también podrá corregir los defectos de ese suelo (acidez o alcalinidad, compactación, exceso de sodio, etc.); mejorando la estructura del mismo, aumentando la porosidad y disponibilidad de nutrientes, corrigiendo el pH y/o eliminando el exceso de sodio y sales. Todo ello permitirá un mayor desarrollo de los microorganismos, lo que a lo largo del tiempo conducirá a un aumento del contenido de la materia orgánica en el perfil del suelo.

2.2.1.2. Propiedades Físicas del Suelo

L.Rucks., F. García., A. Kaplan., J. Ponce de León., M. Hill., (2004). Refieren que: Las propiedades físicas de los suelos, determinan en gran medida, la capacidad de muchos de los usos a los que el hombre los sujeta. La condición física de un suelo, determina, la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, y la retención de nutrientes.

Se considera necesario para las personas involucradas en el uso de la tierra, conocer las propiedades físicas del suelo, para entender en qué medida y cómo influyen en el crecimiento de las plantas, en qué medida y cómo la actividad humana puede llegar a

modificarlas, y comprender la importancia de mantener las mejores condiciones físicas del suelo posibles.

- textura del Suelo

Flores Delgadillo Lourdes. (2009). Refiere que: La textura del suelo es una de las características físicas más importantes, pues a través de ella, se puede predecir el comportamiento físico del suelo, haciendo inferencias acerca del movimiento del agua en el perfil, la facilidad de manejo y la cantidad de nutrientes. La textura indica la proporción de partículas fundamentales en el suelo: arcilla, limo y arena, que se agrupan en suelos de textura fina, media y gruesa. Con la proporción relativa de estas fracciones minerales se puede obtener un gran número de combinaciones que dan origen a las clases texturales. Su fraccionamiento sigue una función logarítmica con límites entre 0.002 y 2.0 mm. La fracción arcillosa es menor a 0.002 mm, el limo entre 0.002 y 0.05 mm, y la arena entre 0.05 y 2.0 mm. Para estudios de tipo mineralógico la fracción arena se puede cuantificar en sus diferentes tamaños: a) arena muy fina, con diámetro de 0.05 a 0.1 mm; b) arena fina, con diámetro de 0.1 a 0.25 mm; c) arena media, con diámetro de 0.25 a 0.5 mm; d) arena gruesa, con diámetro de 0.5 a 1.0 mm; y e) arena muy gruesa, con diámetro de 1.0 a 2.0 mm. Esta clasificación es la que utiliza la FAO (Organización para la Agricultura y la Alimentación) y el USDA, mientras que, la Sociedad Mundial de Suelos limita el limo a un diámetro que va de 0.002 a 0.02 mm. La determinación de la textura del suelo o análisis granulométrico consiste en la separación y cuantificación de las partículas de arena, limo y arcilla de una muestra de suelo, y en la consulta del triángulo de texturas para obtener la clase textural del mismo.

- Clasificación textural

López Antonio Jordán. (2005). Refiere que: Los suelos están formados generalmente por más de una clase textural. Las tres fracciones suelen estar presentes en mayor o menor proporción. El porcentaje de cada una de esas fracciones es lo que se llama textura del suelo.

Las partículas del suelo pueden dividirse según su tamaño:

1. Gravas y piedras: Son partículas minerales sólidas, de diámetro comprendido entre 2 mm y 7 cm (gravas) o mayor (piedras). Cuando son muy abundantes, pueden afectar a las propiedades del suelo y dificultar su manejo.

2. Tierra fina: Esta fracción incluye las partículas menores de 2 mm de diámetro.

a.) Arena: Son partículas minerales sólidas de tamaño comprendido entre 2 mm y 0.02 mm. La arena es la fracción más grande del suelo, compuesta principalmente por granos de cuarzo más o menos meteorizados.

La arena no tiene capacidad de agregación, de modo que sus partículas no se unen entre sí y aparecen de manera individualizada. Debido a que una gran proporción de arena en el suelo origina poros numerosos y relativamente grandes. Los principales minerales que constituyen la arena son el cuarzo, los feldespatos, las micas, etc. Son visibles y se pueden observar individualmente. Tienen una relación superficie/volumen muy baja (aprox. 3). Su capacidad de intercambio catiónico es baja. Su principal función es la composición de la matriz del suelo.

b.) El limo: Es una clase de partículas minerales de tamaño comprendido entre 0.02 y 0.002 mm. El limo está constituido por partículas de tamaño medio-fino, como el talco. Su composición química es semejante a la de la arena.

Al igual que esta, el limo no tiene capacidad de agregación. Sus partículas no forman estructura. No sufren expansión ni contracción y su relación superficie/volumen es baja ($300 - 3000\text{m}^{-1}$). Su capacidad de intercambio catiónico es baja.

c.) La arcilla: Es la fracción más pequeña. Mientras que la arena y el limo provienen del fraccionamiento físico de la roca, la arcilla proviene de la alteración química del material original. Por lo tanto, se diferencia mineralógicamente de las anteriores fracciones por estar compuesta por minerales originados por la meteorización, que no se encuentran en las rocas sin meteorizar. Las partículas de arcilla tienen capacidad de agregación y no se comportan como granos individuales en el suelo. Su tamaño es inferior a $2\ \mu\text{m}$ y poseen unas propiedades físicas y químicas especiales. Su relación superficie/volumen es superior a $3000\ \text{m}^{-1}$.

En las siguientes tablas muestra algunas de las clasificaciones texturales más usadas en la actualidad: la propuesta por la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo (Int. Soil Science Society, ISSS), la clasificación del Sistema Internacional (IS) y la empleada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (United States Department of Agriculture, USDA).

Tabla 1.
Clase de Textura (usda)

USDA	\emptyset (μm)
Arena Muy Gruesa	2000 - 1000
Arena Gruesa	1000 - 500
Arena Media	500 - 250
Arena Fina	250 - 100

Arena Muy Fina	100 - 50
Limo Gruesa	50 - 20
Limo Fino	20 - 2
Arcilla	< 2

Nota. Fuente: *Sistema del departamento de agricultura los estados unidos de los estados unidos (usda)*

Tabla 2.

Clase de Textura (iss))

ISSS	Ø (µm)
Arena Gruesa	2000 - 200
Arena Fina	200 - 50
Limo Grueso	50 - 20
Limo Fino	20 - 2
Arcilla	< 2

Nota. Fuente: *Sistema de la asociación internacional de la ciencia del suelo (iss)*

Tabla 3

Clase de Textura (*internacional*)

SISTEMA INTERNACIONAL	Ø (µm)
Arena Gruesa	2000 - 200
Arena Fina	200 - 20
Limo	20 - 2
Arcilla	< 2

Nota. Fuente: *Sistema internacional o de atternutg*

La grava y otros materiales de tamaño mayor que 2 mm no se consideran como parte del suelo a la hora de evaluar su textura u otros aspectos.

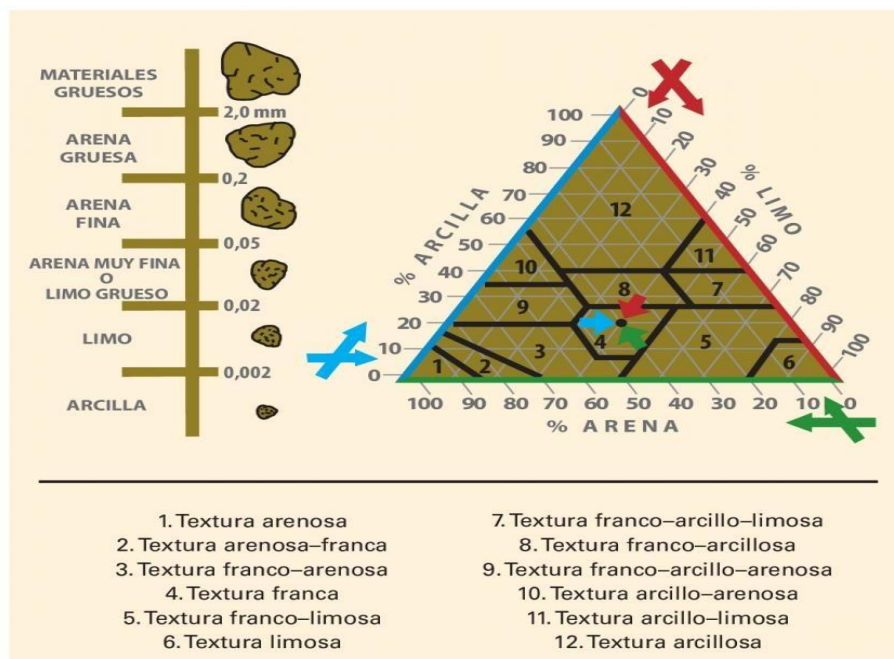
La textura se puede representar gráficamente mediante el diagrama textural (Figura 1). Un diagrama textural es un gráfico en forma de triángulo equilátero sobre cada uno de cuyos lados se representa el porcentaje de arena, limo y arcilla. De este modo es posible relacionar gráficamente diversas muestras de suelo. Las partículas agrupadas en cada clase textural poseen características agronómicas semejantes. Desde un punto de vista práctico, los suelos pueden agruparse en tres tipos distintos, según la clase textural predominante:

- 1) Suelos pesados (arcillosos).
- 2) Suelos medios.
- 3) Suelos ligeros (arenosos).

Por otro lado, los suelos que poseen una composición equilibrada de arena, limo y arcilla se conocen como suelos francos (una composición equilibrada no quiere decir un reparto equitativo entre las tres fracciones, tal y como se muestra en la **Figura 1**).

Figura 1.

Triangulo de Textura



Fuente: USDA (1977)

- Estructura del Suelo

López Antonio Jordán. (2005). Refiere que: Para Porta la estructura es una propiedad típicamente edáfica, que, de presentarse, permite diferenciar un suelo de un material geológico. Su importancia hace que sea una propiedad morfológica de referencia en los estudios del suelo en campo.

Algunos autores consideran que, más que una propiedad, la estructura es un estado del suelo, ya que cuando está seco, se pone de manifiesto, pero si está húmedo, el suelo se vuelve masivo, sin grietas, y la estructura no se manifiesta. La estructura, por lo tanto, puede definirse de manera simple como la disposición espacial de las partículas del suelo.

Según Porta, la estructura es el ordenamiento de los granos individuales en partículas secundarias o agregados y el espacio de huecos que llevan asociado, todo ello como resultado de interacciones físico-químicas entre las arcillas y los grupos funcionales de la materia orgánica.

Para Bayer et al. (1973), la estructura del suelo implica un arreglo u ordenación de las partículas primarias (arena, limo y arcilla) y secundarias (agregados de partículas primarias) en ciertos modelos o patrones estructurales, lo que incluye también al espacio de poros asociado.

Según la definición aceptada por el USDA (1951), estructura es la agregación de partículas primarias de un suelo en partículas compuestas o grupos de partículas primarias separadas de los agregados adyacentes por superficies de debilidad.

De este modo, suelos que presenten valores semejantes de textura, pueden presentar propiedades físicas muy distintas, según el tipo de estructura que se halle presente.

Génesis de la estructura

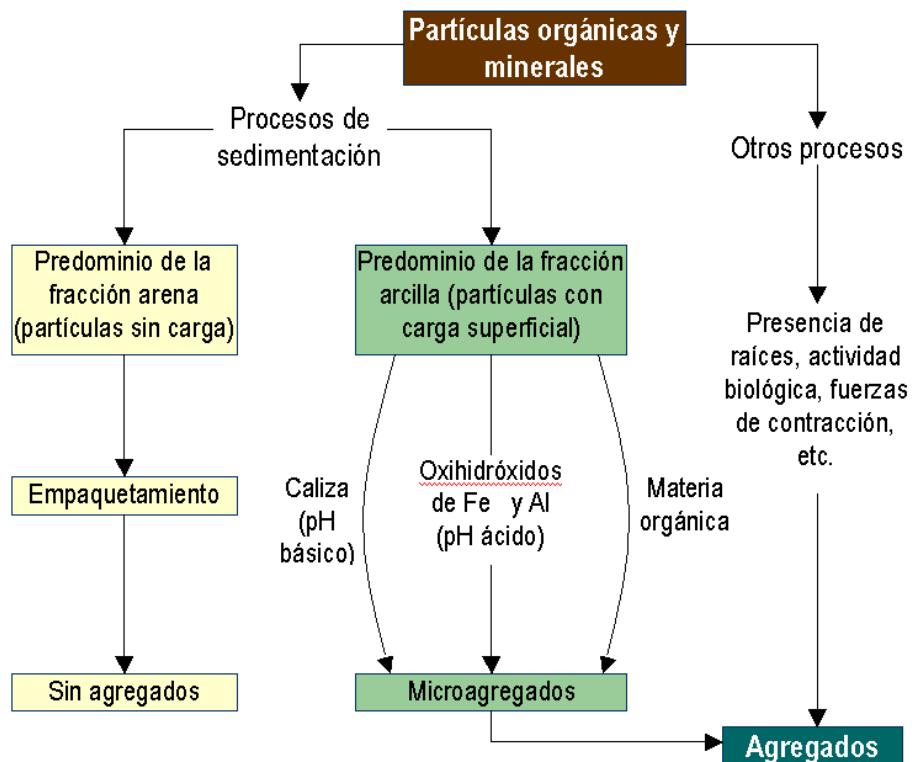
La estructura del suelo es el resultado de su composición granulométrica, la actividad biológica y una serie de condiciones físico- químicas que permiten la aglomeración de las partículas (**Figura 2**).

El predominio de unos u otros procesos origina los distintos tipos de estructura. En la formación de la estructura es muy importante la acción de los coloides (arcilla y materia orgánica) y las sustancias cementantes del suelo (carbonatos, sesquióxidos, etc.), que forman recubrimientos alrededor de las partículas más gruesas, englobándolas en grupos. Si no hay una proporción de coloides o sustancias cementantes suficiente, las partículas del suelo permanecen dispersas.

El grado de desarrollo de la estructura y la coherencia de los agregados depende del tipo de partículas presentes y de las fuerzas de atracción y/o repulsión que tengan lugar. Esto puede dar lugar a empaquetamiento de partículas o a la formación de agregados. El empaquetamiento es un proceso físico que tiene lugar entre partículas en las que las fuerzas de atracción / repulsión son despreciables por la ausencia de carga eléctrica, como ocurre entre los granos de arena. En los suelos arenosos pueden existir fuerzas de cohesión entre las partículas debido a la tensión superficial de la película de agua adsorbida en la superficie de los granos, lo que provoca una cierta capacidad de unión

Figura 2.

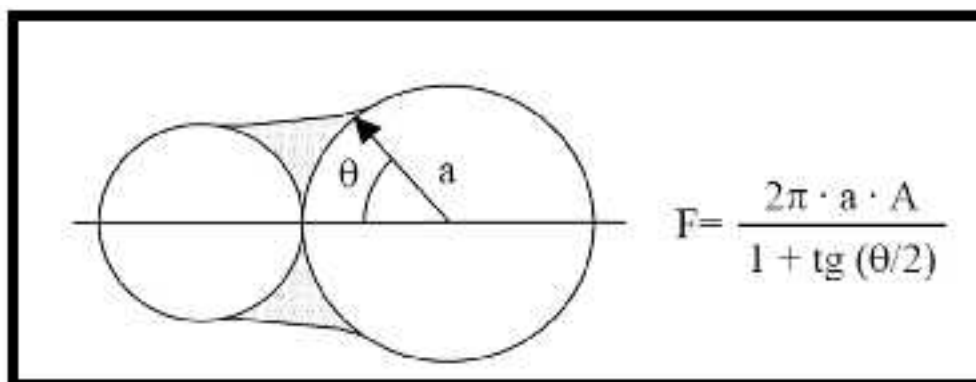
Génesis de la Estructura.



Fuente: Manual de Edafología (2005).

Figura 3.

Fuerzas de cohesión entre partículas de arena. F=fuerza de unión entre partículas esféricas; a= radio de las partículas; A=tensión superficial; θ=ángulo de contacto.



Fuente: Manual de Edafología (2005).

Las fuerzas de unión por esta causa pueden explicar el menor riesgo de erosión eólica en suelos arenosos en estado húmedo que en estado seco. La formación de agregados se inicia con la formación de unidades de fábrica o micro agregados.

La presencia de partículas cargadas eléctricamente permite explicar la interacción entre las partículas del suelo y el agua o entre las partículas minerales y los grupos funcionales de la materia orgánica humificada. Las fuerzas de mayor importancia en la estabilización de los micro agregados se deben a los enlaces entre las arcillas y otros componentes del suelo:

El CO_3Ca actúa como un agente estabilizante. Favorece la floculación y precipita formando nódulos que incluyen a otras partículas.

- Los sesquióxidos forman recubrimientos sobre las arcillas.
- Los grupos funcionales de la materia orgánica humificada establecen puentes de hidrógeno con las arcillas.

Sin embargo, existe otro tipo de procesos que favorecen el desarrollo de los agregados, y tienen que ver con la actividad biológica:

- La penetración de las raíces ensancha huecos preexistentes y deseca el suelo.
- Los productos mucilaginosos secretados por microorganismos envuelven a las partículas del suelo formando micro agregados.
- Las lombrices remueven el suelo, contribuyendo a su estructuración, abriendo canales y favoreciendo la mezcla de materiales orgánicos y minerales

Estabilidad de la estructura

La estructura del suelo no es un parámetro estable, sino que puede variar en función de las condiciones climáticas, el manejo del suelo, los procesos edáficos, etc.

En general, las causas más importantes de la degradación de la estructura del suelo son las siguientes:

- Expansión de las arcillas hinchables durante los períodos húmedos.
- La lluvia, especialmente si es violenta y produce una dilución pasajera de los cationes que favorecen la floculación de los coloides.
- La pérdida de materia orgánica.
- La acidificación y/o descalcificación del suelo, que produce una desestabilización de los micro agregados.

Clasificación de los tipos de estructura

De un modo simple, los tipos de estructura que existen en el suelo pueden clasificarse en función de la presencia de partículas coloidales en el suelo y su interacción con las partículas de fracciones más gruesas. (Figura 2.4)

- Si los coloides son escasos y predominan las fracciones más gruesas, sin capacidad de agregación, la estructura es particular de grano suelto.
- Si la presencia de coloides es más elevada y se encuentran floculados, actúan como aglomerantes de las partículas más gruesas, formando grumos. En este tipo de estructura grumosa, los agregados son relativamente porosos, favoreciendo la aireación y la permeabilidad del suelo.
- Si la presencia de partículas coloidales es muy importante, la estructura se vuelve asfixiante, debido a la disminución del volumen de poros, lo que disminuye la aireación y drenaje. En la estación seca, la estructura se vuelve masiva y, si existen arcillas hinchables, aparecen grietas de retracción.

Sin embargo, desde un punto de vista morfológico, los agregados del suelo pueden clasificarse por su forma en varios grupos distintos.

Figura 4.

Tipo de Estructura del Suelo

ESTRUCTURA DEL SUELO			
ESFEROIDAL		EN FORMA DE PRISMA	
 <p>GRANULAR (POROSA)</p>	 <p>MIGAJÓN (MUY POROSA)</p>	 <p>PRISMÁTICA (CÚSPIDES PLANAS)</p>	 <p>COLUMNAR (CÚSPIDES REDONDEADAS)</p>
 <p>MASIVA</p>	LAMINAR	DE BLOQUE	 <p>UNIGRANULAR</p>
	 <p>EN PLACAS</p>	 <p>EN BLOQUES</p>	

Fuente: Guía que es el Suelo, (2016)

El grado de desarrollo de la estructura se describe según los siguientes criterios:

Sin estructura.

- a. Granos de arena sueltos, con muy poca presencia de partículas de las fracciones finas.
- b. El suelo forma una estructura continua, maciza. No muestra fisuras o superficies de debilidad. Los fragmentos se rompen según la dirección de la fuerza que se aplique.

Suelo estructurado, formando agregados.

- a. Grado de desarrollo débil. Las superficies de debilidad de los agregados están poco definidas. Cuando se separan los agregados siguiendo estas superficies de debilidad, cae abundante material suelto.
- b. Grado de desarrollo moderado. Los agregados están bien diferenciados y poseen una duración moderada.
- c. Grado de desarrollo fuerte. Los agregados están separados por superficies de debilidad bien definidas, de modo que cuando se separan no cae material suelto y

vuelven a encajar entre sí perfectamente. Los agregados son duraderos y el nivel de organización es elevado.

Vertisoles

Son suelos cuyo contenido en arcilla es superior al 30 %. al menos en los primeros 50 cm. Se trata de arcillas hinchables, que sufren grandes cambios de volumen con las variaciones de humedad, lo que propicia que aparezcan en el suelo grietas verticales durante la estación seca, grietas que deben llegar hasta 50 cm de profundidad y tener al menos uno de espesor. Además, los vertisoles o bien presentan una estructura prismática muy fuerte, con las bases de los prismas inclinadas respecto de la horizontal, o bien recubrimientos de arcilla brillantes (slic-kensides), producidos por la fricción de los agregados. Son suelos muy pesados, difíciles de trabajar y con un tempero muy corto; por contra, retienen gran cantidad de agua y su contenido en bases es muy alto. El pH depende de la naturaleza del material original, aunque suele ser neutro o ligeramente alcalino. Durante el verano las grietas que los caracterizan están abiertas, y se van rellenando con el material de la superficie, mientras que en el invierno, al humedecerse el suelo, las arcillas absorben gran cantidad de agua y aumentan considerablemente su tamaño, creando grandes presiones en el interior del suelo.

La infiltración del agua en los Vertisoles secos (agrietados), con una superficie estructurada es inicialmente rápida. Sin embargo, una vez que la superficie del suelo se encuentra totalmente humedecida y las grietas se han cerrado, el índice de infiltración de agua se vuelve casi nulo.

Las condiciones ambientales que inducen a la formación de una estructura de un suelo vértico son:

La lluvia debe ser suficiente para permitir el intemperismo o alteración de los minerales, pero no tan alta para que percolen las bases que se desprenden con tal proceso.

Los periodos secos deben permitir la cristalización de los minerales de arcilla que se forman sobre las rocas o sedimentos intemperizados.

El drenaje debe estar impedido, de manera que la percolación y pérdidas de productos intemperizados se encuentre restringida.

Las altas temperaturas, promueven finalmente los procesos de intemperismo o alteración de los minerales primarios. Bajo tales condiciones, las arcillas esmectíticas pueden formarse en presencia de sílice y cationes básicos- especialmente: Ca^{2+} y Mg^{2+} si el pH del suelo es básico (> 7).

2.2.1.3. Infiltración de Agua en el Suelo.

Delgadillo, O., & Pérez, L. (2016). Refiere que: La velocidad de infiltración puede definirse como la capacidad de admisión de agua de un terreno desde la superficie al interior del mismo. En otros términos, es la relación entre la lámina de agua infiltrada y el tiempo que tarda en infiltrarse esa lámina. Comúnmente suele expresarse en cm/h ó mm/min. La velocidad de infiltración no es uniforme, tiende a disminuir mientras transcurre el tiempo desde que comienza la aplicación de agua en el suelo cuando ésta es continua. Si se grafican las velocidades registradas en función del tiempo transcurrido, se obtendrá una curva que puede ser adecuadamente descrita mediante el modelo potencial de la ecuación 1.

Si, a su vez, se grafica este modelo potencial, se obtendrá la curva representativa de la velocidad de infiltración. La velocidad de infiltración instantánea es el valor puntual obtenido en un tiempo determinado, cuando se introduce este último en la curva representativa.

Ecuación 1.

Velocidad de infiltración

$$I = at^b \dots\dots (1)$$

I = Velocidad de infiltración, expresada en mm/hora, cm/hora, etc.

t = Tiempo de oportunidad (tiempo de contacto del agua con el suelo) expresado en minutos u horas

a = Coeficiente que representa la velocidad de infiltración para el intervalo inicial de tiempo

b = Exponente adimensional que varía de acuerdo a las características del suelo entre 0 y -1

El modelo que representa la ecuación (1) fue propuesto por Kostiakov en 1932.

Infiltración Acumulada ó Lámina Infiltrada Acumulada

O también llamada lámina infiltrada acumulada. Considera la sumatoria de los valores puntuales de infiltración obtenidos de la curva de velocidad de infiltración instantánea.

La ecuación de la infiltración acumulada (ecuación 2) se obtiene determinando el área formada entre dicha curva y los ejes , es decir integrando su ecuación entre los valores límites: $t_{inicial}=0$ y el t_{final} .

Ecuación 2.

Infiltración Acumulada

$$I = at^b \dots\dots\dots(2)$$

Precisando el área y la integral:

$$A = \sum_{t_0}^t dt * I = \int_{t_0}^t I * dt$$

Sustituyendo en la integral:

$$A = I \text{ cum} = \int_{t_0}^t at^b * dt$$

Integrando:

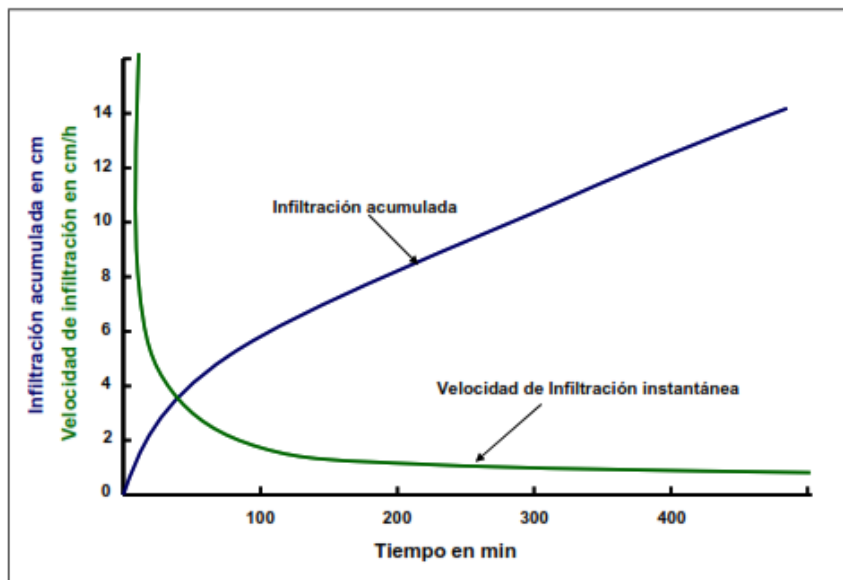
$$I \text{ cum} = \left(\frac{a}{b+1} \right) * t^{b+1}$$

Simplificando se obtiene:

$$I \text{ cum} = At^B \dots\dots (2)$$

Figura 5.

Curvas características de la velocidad de infiltración e infiltración acumulada de un suelo



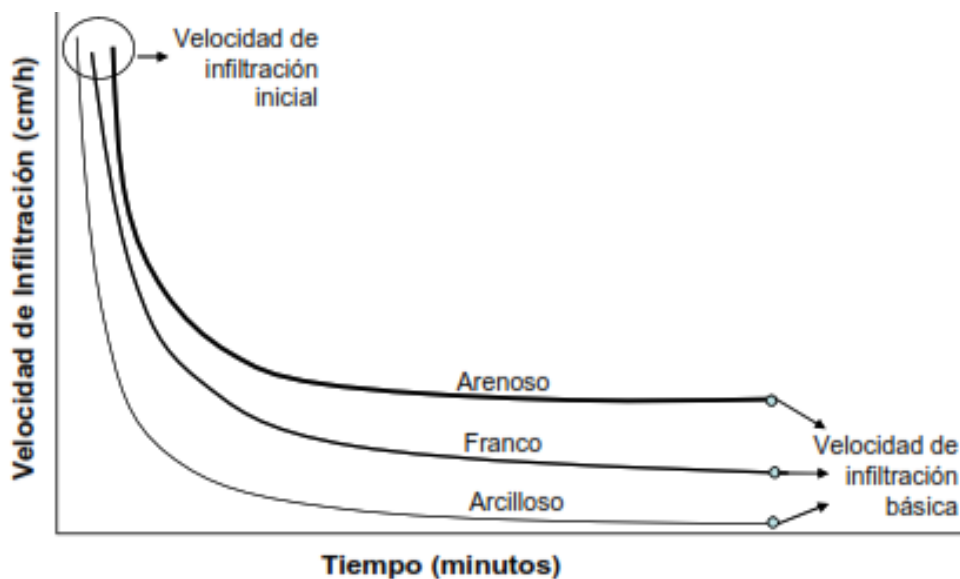
Nota: Medición de la infiltración del agua en el suelo (Método de doble anillo)

Velocidad de Infiltración básica

Inicialmente, al aplicar agua, el valor de infiltración es alto y, a medida que se incrementa el contenido de agua en el suelo, disminuye paulatinamente hasta llegar a un valor constante denominado velocidad de infiltración básica. Ésta es definida por el SCS del Departamento de Agricultura de los EUA, “como la velocidad de la infiltración del agua en el suelo, en el momento en que la variación de ésta con respecto al tiempo, es muy lenta y constante”. Generalmente, esta condición de la infiltración se consigue cuando el suelo ha alcanzado su capacidad de campo. Gráficamente, se puede observar la velocidad de infiltración básica cuando la curva de la velocidad de infiltración se vuelve asintótica con respecto a la horizontal. La velocidad de infiltración básica, depende fuertemente de la textura del suelo, así el tiempo para alcanzar esta velocidad y su valor dependerá de la textura (Figura 6).

Figura 6.

Variación de la curva de velocidad de infiltración por la textura del suelo



Nota: la variación de la velocidad de infiltración vs el tiempo nos da la velocidad de infiltración básica

Esta velocidad tiene aplicación directa en el diseño y cálculos del riego por aspersión y el riego superficial. Para estos propósitos de riego es necesario determinar el valor de la velocidad de infiltración básica utilizando un criterio uniforme. En ese sentido, el SCS del Departamento de Agricultura de EUA establece que: “La velocidad de infiltración básica es el valor instantáneo que corresponde al tiempo en que la pendiente de la curva de la velocidad de infiltración en función del tiempo es igual a -10% de su valor”. O , dicho de otra forma, la infiltración básica es la velocidad de infiltración registrada cuando, en un periodo de una hora, se produce un cambio igual o menor al 10% en la velocidad de infiltración.

Entonces, el tiempo al cual se logra la velocidad de infiltración básica, se encuentra igualando la primera derivada de la ecuación (1) con la misma ecuación multiplicada por -0.1:

Ecuación 3.

infiltración básica

$$\left(\frac{dI}{dt}\right) = -0.1I$$

Reemplazando

$$\left(\frac{d(at^b)}{dt}\right) = -0.1(at^b)$$

Simplificando se tiene que:

$$I_b = -10b \dots\dots (3)$$

Donde:

tb es el tiempo en horas para alcanzar la infiltración básica

Luego, reemplazando el tiempo en alcanzar la infiltración básica (ecuación 3) en la ecuación general de la infiltración (ecuación 1), se obtiene la ecuación general de la velocidad de infiltración básica:

$$I_b = a(-10)b \dots\dots (4)$$

No hay que olvidar que b es el exponente que corresponde a la ecuación de velocidad de infiltración del suelo, sin embargo comúnmente se determina la función de la Infiltración Acumulada, por tanto es necesario deducir los valores de b y a de la ecuación de Infiltración acumulada (A y B) de la siguiente manera:

De la ecuación de infiltración acumulada

$$I_{cum} = \left(\frac{a}{b+1}\right) * t^{b-1}$$

Tenemos que:

$$B=b + a \text{ donde } 0 < B < 1$$

$$A = \frac{a}{B}$$

Entonces

$$b = B - 1 \text{ donde } -1 < b < 0$$

$$a=A * B$$

Para tener una referencia, en la Tabla 1 se muestran rangos de infiltración básica para los diferentes tipos de suelo.

Tabla 4.

Rangos de velocidad de infiltración básica de los diferentes tipos de suelo.

Tipo de suelo	mm/h
Arenoso	Más de 30
Franco arenoso	20-30
Franco	10 a 20
Franco arcilloso	5 a 10
Arcillo	1-5

Nota. Fuente: Rangos de velocidad de infiltración básica de los diferentes tipos de suelo (Brouwer et al., 1988)

Porosidad del Suelo

Rucks. L., García. F., Kaplán. A., Ponce de León. J., Hill. M., (2004).

Refieren que: El crecimiento de las plantas, del que depende su producción económica, está determinado por factores atmosféricos, biológicos y edáficos. Estos últimos son físicos y químicos, siendo los primeros las propiedades del suelo que determinan el crecimiento radicular y la dinámica del aire y del agua. Estas propiedades del suelo, están determinadas por las características cuantitativas cualitativas del espacio del suelo no ocupado por sólidos, denominado espacio poroso. Dentro del espacio poroso se pueden distinguir macro poros y micro poros. Los primeros no retienen el agua contra la fuerza de la gravedad, y por lo tanto son los responsables del drenaje y la aireación del suelo, constituyendo, además, el principal espacio en el que se desarrollan las raíces. Los segundos son los que retienen agua, parte de la cual es disponible para las plantas. La porosidad total o espacio poroso del suelo, es la suma de macro poros y micro poros. Las características del espacio poroso, dependen de la textura y la estructura del suelo.

Debe hacerse hincapié en que cuando en la textura domina la fracción arcilla, en la porosidad total del suelo hay muchos más microporos que cuando domina la fracción arena. En este caso existe una gran cantidad de macroporos en el espacio poroso. Lo anterior se comprende claramente, si se piensa que entre las microscópicas partículas de arcilla los espacios son pequeños; en cambio entre las partículas de arena los poros son mayores.

En cuanto a la magnitud de la porosidad total, es mayor cuando en la textura dominan las fracciones finas que cuando dominan las gruesas. Los suelos arcillosos poseen más porosidad total que los arenosos.

Formas de expresión y determinación

La porosidad, se expresa como el porcentaje del volumen del suelo ocupado por poros. O lo que es lo mismo, el porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos. Supóngase que en 10 cm³ de suelo existen 4,5 cm³ no ocupados por sólidos. La porosidad total de este suelo será 45 por ciento.

La porosidad total se determina directamente, en muestras de suelo imperturbadas, es decir tal como están en el campo, sin ninguna deformación que altere la ubicación de las partículas sólidas, y por lo tanto los espacios que dejan entre ellas. Otra forma de determinar la porosidad total de suelos, es a través de la determinación de sus densidades aparente y real. A continuación, se las define:

1.- Densidad aparente

La relación que existe entre el peso seco (105° C) de una muestra de suelo, y el volumen que esa muestra ocupaba en el suelo:

Ecuación 4.

Densidad aparente

$$D_a = \frac{p * d m * s (a)}{V_i * d l i s * d l i m * (b) + V_i * p * d h m * (c)}$$

2.- Densidad real

Es el promedio ponderado de las densidades de las partículas sólidas del suelo.

En la muestra a la que se hizo referencia para definir la D.a., la densidad real sería:

Ecuación 5.

Densidad real

$$Da = \frac{p * s * d \text{ li } m}{Vt * d \text{ li } s * d \text{ li } m *}$$

Si se divide la D.a. por la D.r. se tiene:

$$\frac{Da}{Dr} = \frac{\frac{a}{b} + c}{\frac{a}{b}} = \frac{b}{b + c} = \frac{ds}{t}$$

Por lo tanto, (D.a. /D.r.).100 = Volumen de sólidos por ciento; entonces,

100 - (D.a. /D.r.).100 = Volumen poroso por ciento es decir, que el porcentaje del volumen de la muestra ocupado por poros

Ecuación 6.

Volumen de la muestra ocupado por poros

$$P (\%) = 100 [1 - (D.a. /D.r.)]$$

La determinación de la densidad aparente se realiza en muestras imperturbadas, a estas muestras se les determina el peso seco a 105° C. Se cuenta entonces con los dos elementos necesarios para calcular la densidad aparente: el peso de los sólidos y el volumen que la muestra ocupaba en el campo, que incluye el de los sólidos y el espacio poroso. Existen otros métodos para determinar densidad aparente que no los analizaremos y también puede determinarse en agregados individuales obteniéndose en general valores superiores a cuando se determine en la masa del suelo dado que no tiene en cuenta la porosidad entre agregados.

En cuanto a la densidad real, varía evidentemente con la proporción de los elementos que constituyen el suelo, en tanto tienen diferentes densidades. El cuarzo 2,6 los feldspatos 2,7 la materia orgánica 1,5. En general, la densidad real de los suelos que no poseen cantidades anormales de minerales pesados, está alrededor de 2,65 si los contenidos de materia orgánica no superan a 1% (De Leenheer, 1967; De Boodt, 1965). Estos autores proponen reducir el valor 2,65 en 0,02 por cada 1% de aumento en el contenido de materia orgánica, hasta tenores de 5% de este componente del suelo. Para contenidos mayores proponen determinar la densidad

real directamente. A pesar de lo anterior, en los cálculos estándar se ha usado el valor 2,65.

La densidad real se determina obteniendo el peso seco de la muestra de suelo y el volumen de los sólidos de la muestra. Eso último se realiza con un aparato denominado picnómetro, y el procedimiento significa la aplicación del principio de Arquímedes. Es decir, determina que volumen de agua desplazan los sólidos al ser sumergidos.

Fraccionamiento de la porosidad

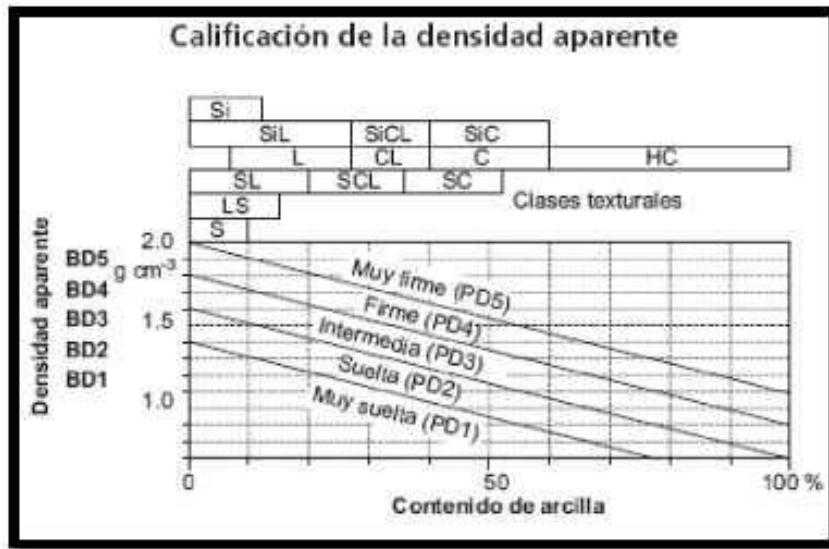
Se ha explicado cómo se determina la porosidad total del suelo. Interesa conocer cómo se distribuye esa porosidad en macro poros y micro poros, debido a que cada una de estas fracciones de la porosidad total es responsable de diferentes factores de crecimiento de las plantas. La macro porosidad es responsable de la aireación y drenaje del suelo, además de ser el espacio en que se desarrollan las raíces, y parte de la micro porosidad retiene el agua que dispondrán las plantas para su crecimiento, como ya se mencionó.

Normalmente se determina la macro porosidad, saturando de agua una muestra perturbada similar a las que se utilizan para determinar porosidad total y densidad aparente, y dejando que pierda toda el agua que no es capaz de retener contra la fuerza gravitatoria. La muestra se pesa saturada y luego que dejó de drenar agua, y la diferencia entre esos pesos se toma como la cantidad de cm^3 de agua que ocupaban los macro poros de la muestra. La macro porosidad, también se expresa como porcentaje del volumen de suelo en que se encuentra. Durante todo el proceso se evitan pérdidas de agua por evaporación, trabajando en una atmósfera saturada. Para acelerar la pérdida del agua no retenida, suele aplicarse presión a la muestra por medio de aparatos especiales. La presión aplicada no elimina de la muestra más que el agua no retenida contra la gravedad.

La micro porosidad se puede determinar por diferencia entre la porosidad total (determinada por alguno de los procedimientos ya descritos) y la macro porosidad, o directamente. Para hacerlo de esta forma, se pesa la muestra una vez que perdió el agua que ocupaba los macro poros y luego de ser secada a $105\text{ }^\circ\text{C}$. La diferencia entre estos dos pesos es el volumen de agua que ocupaba los micro poros, expresado en cm^3 . El volumen de micro poros también se expresa como porcentaje del volumen de la muestra en la que se encontraron

Figura 7.

Calificación de la Densidad Aparente



Fuente: Guía para la Descripción de Suelos, FAO (2009)

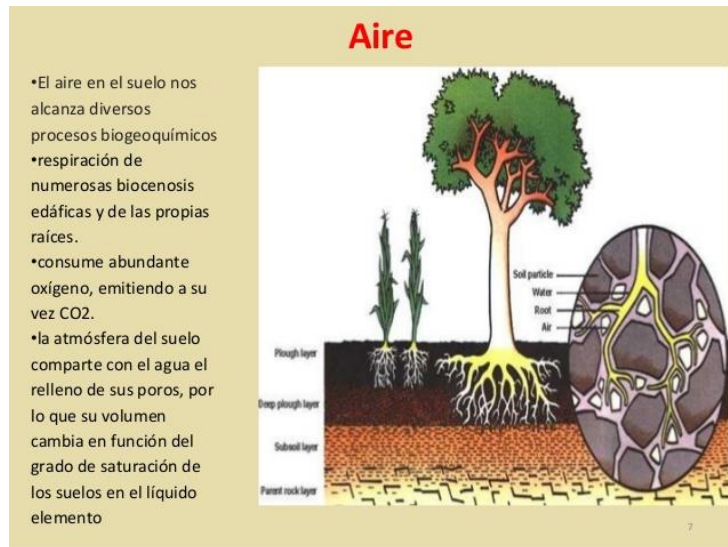
2.2.1.4. Composición del Agua y el Suelo

Proyecto de Autogestión del Agua en la Agricultura, (2005). Refiere que:

En esencia, el suelo es un entramado de partículas minerales. Pero estas partículas no están empaquetadas formando una masa compacta, sino que entre ellas existe una intrincada red de poros y canales (canalículos) por los que circula el aire y el agua.

Figura 8.

Detalle de la Red de Poros del Suelo



Fuente: Propiedades del suelo introducción a la contaminación de suelos. (2014)

Capacidad del suelo para almacenar agua

En la mayoría de los suelos, la red de canalículos ocupa un volumen que oscila entre 30-50% del total. De todos los poros o canalículos, los de mayor diámetro permiten un paso rápido del agua y sólo los menores son capaces de retener y almacenar agua. En un suelo determinado, el porcentaje total de poros y su tamaño va a depender de la textura y estructura.

Para la actividad agrícola sería ideal tener un suelo equilibrado, fácil de trabajar, permeable y con buena capacidad de acumulación de agua. Esto es lo que técnicamente se conoce como *suelo franco* que, desde el punto de vista de su textura, contendría entre 30-50% de arena, 30-50% de limo y 20-30% de arcilla. Un suelo de estas características sería capaz de almacenar unos 300 litros de agua por metro cuadrado de superficie y metro de profundidad. Aunque, como se verá más adelante, toda esta agua no estaría enteramente a disposición de las plantas.

Al cambiar las proporciones de arena, limo y arcilla cambia también la denominación técnica del suelo y su capacidad para retener agua y de ponerla a disposición de las plantas. Se habla así de suelos arenosos, limosos, arcillosos, arcillo-arenosos, franco-arenosos, franco-arcillosos, etc.

Caracterización de un suelo desde el punto de vista de la disponibilidad de agua para las plantas

Del volumen total de agua que puede almacenar un suelo, no todo está disponible para las plantas y, del que está disponible, no todo se puede absorber con igual facilidad. Así, se definen los siguientes conceptos:

Capacidad de campo. Es el volumen de agua que un suelo puede retener después de saturarlo (encharcarlo) y dejarlo drenar (escurrir) libremente durante 48 horas. La capacidad de campo viene a reflejar el agua que el suelo retiene en los canalículos pequeños, después de que los más grandes se hayan llenado de aire. Cuando un suelo está a capacidad de campo la presión necesaria para comenzar a extraer el agua retenida es baja, de menos de 0,3 atmósferas.

Punto de marchitez permanente. Es el contenido de agua de un suelo a partir del cual las plantas no pueden extraer más y, por tanto, se marchitan y mueren. La presión necesaria para comenzar a extraer el agua que contiene un suelo en su punto de marchitez es de 15 atmósferas. De forma general, el punto de marchitez es igual al 56% de la capacidad de campo.

Agua útil para las plantas. Es la diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez.

Tabla 5.

Valores normales de capacidad de campo y punto de marchitez para suelos de diferentes texturas.

Textura	Capacidad de Campo	Punto de Marchitez Permanente
Arenoso	5- 15	3 -8
Franco Arenoso	10 - 20	6 -12
Franco	15 - 20	8 - 17
Franco		
Arcilloso	25- 35	13 - 20
Arcilloso	30 - 70	17 - 40

Nota. Fuente: agronoticias2012.blogspot.com/2016/08/punto-de-marchitez-permanente-capacidad.html

Agua fácilmente utilizable por las plantas. Parte del agua útil que las plantas pueden absorber con poco esfuerzo (0,5-1 atmósferas) y, por tanto, sin merma de su capacidad productiva. El agua fácilmente utilizable depende de cada especie de planta. En agricultura se considera, de forma orientativa, que para los cultivos menos sensibles a la sequía el agua fácilmente utilizable es el 50% del agua útil y para los más sensibles entre 25-30%.

Las tierras ligeras (arenosas) son poco productivas, no necesitan mucha lluvia.

Las tierras pesadas (arcillosas) son más productivas, pero necesitan mojarse bien en invierno para guardar humedad y poder aguantar períodos prolongados sin lluvia. Sin embargo, con lluvias escasas dan malas cosechas.

Las tierras medias (francas) son las más seguras produciendo ya que se adaptan mejor a las lluvias irregulares.

2.2.1.5. Propiedades Químicas del Suelo

-PH DEL SUELO

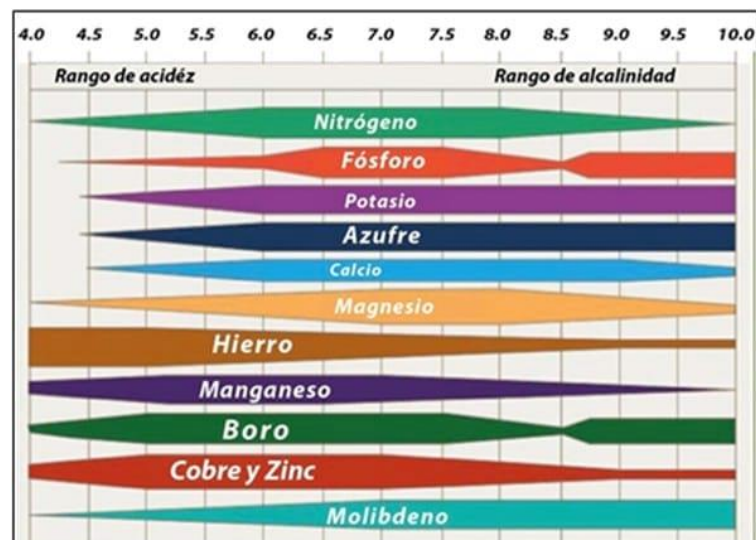
Manejo de Fertilidad de Suelos. (2011). Refiere que el pH o reacción del suelo tiene una influencia indirecta en los procesos químicos, disponibilidad de nutrientes, procesos biológicos y la actividad microbiana. Normalmente el rango de pH de los

suelos varía entre 3.5 a 9, la razón por la que no alcanza valores extremos de 0 ó 14 se debe a que la solución suelo no es una solución verdadera, sino que constituye una solución coloidal.

A la mayoría de los cultivos les favorece rangos de pH de 5 a 7.5. Sin embargo cada especie se acoge o desarrolla mejor dentro de un determinado rango. Los suelos fuertemente ácidos son indeseables por los niveles tóxicos de Al y la disminución de la actividad microbial. Los suelos fuertemente alcalinos originan una escasa disponibilidad de elementos menores; excepto el Molibdeno, Fe, Zn, Mn y P son muy dependientes del pH, por lo que a niveles extremos pueden presentarse en niveles deficientes

Figura 9.

Absorción de Nutrientes según el pH del Suelo



Fuente: Manejo y Corrección de la Acidez de los Suelos . (2014)

Tabla 6.

Rangos de pH óptimos para tratamientos en distintos cultivos

Cultivo	PH Adecuado	Cultivo	PH Adecuado
Alfalfa	6.2 - 7.8	Pepino	5.6 - 7.3
Esparrago	6.2 - 7.8	Melón	5.6 - 7.3

Coliflor	5.8 - 7.3	Calabaza	5.4 - 6.8
Lechuga	6.2 - 7.3	Pimiento	5.2 - 6.8
Espinaca	6.2 - 7.8	Nabo	5.2 - 6.8
Trébol	5.5 - 7.5	Tomate	5.2 - 6.7
Col	5.5 - 7.2	Berenjena	5.2 - 6.0
Zanahoria	5.7 - 7.0	Membrillo	5.6 - 7.2
Cebada	6.0 - 8.0	Peral	5.3 - 7.2
Dáctilo	5.6 - 7.5	Manzano	5.1 - 6.8
Trigo	6.0 - 7.5	Vid	6.0 - 7.5
Maíz	6.0 - 7.0	Melocotón	5.0 - 6.8
Soya	5.0 - 7.5	Fresa	4.7 - 6.2
Avena	5.0 - 7.5	Arroz	5.0 - 6.5
Centeno	5.0 - 7.2	Habas	5.5 - 7.5
Agrostis	5.0 - 6.8	Pallar	6.0 - 7.0
Tabaco	5.0 - 7.5	Arveja	6.0 - 7.5
Papa	5.0 - 7.0	Acelga	6.0 - 7.5
Apio	6.0 - 7.5	Camote	5.8 - 7.0
Rábano	6.0 - 7.4	Caña de Azúcar	5.5 - 8.0
Cebolla	6.0 - 7.4	Piña	5.0 - 6.0
Coliflor	5.7 - 7.3	Brócoli	5.7 - 7.3

Fuente: Calidad del agua en tratamientos Agroquímicos (2014)

2.2.1.5. Suelos Salinos y Sódicos

Salinidad y Sodicidad del suelo

López Antonio Jordán. (2005). Refiere que, Bajo determinadas condiciones, en el suelo pueden acumularse sales solubles¹, lo que interfiere en el crecimiento de las plantas. Aunque siempre existe una determinada concentración de sales en el suelo, cuando se produce esta interferencia se habla de suelos salinos.

De modo general, se distinguen dos tipos de suelos salinos, dependiendo del catión dominante en el complejo de cambio.

Suelos salinos en sentido estricto o suelos halomorfos. Si el catión predominante es el Ca^{2+} , las sales solubles son muy abundantes en el suelo. El perfil se encuentra muy poco diferenciado, pero su estructura tiende a ser estable, debido al poder floculante del calcio sobre los coloides del suelo. La elevada concentración de sales en el suelo origina un gradiente osmótico que dificulta la absorción de agua por las raíces de la planta, lo que tiene como consecuencia un descenso de la productividad. El pH de los suelos salinos es 8.5 o menor. Se puede ver una capa blanca en la superficie del suelo debida a la acumulación de sales por medio de la elevación capilar.

Suelos sódicos. Cuando el Na^+ es el catión dominante se favorece la dispersión de las arcillas. De este modo, el grado de desarrollo de la estructura es bajo. Por otra parte, la hidrólisis de las arcillas sódicas conduce a la alcalinización del perfil, y esta provoca intensa alteración mineral. El valor de pH oscila entre 8.5 y 10.0. Los suelos sódicos tienen pequeñas cantidades de las sales que se encuentran en los suelos salinos, pero tienen un alto contenido en sodio. En los suelos sódicos, el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) es superior al 15%. A menudo, además del PSI se utiliza el porcentaje de adsorción de sodio (RAS), que compara la concentración de iones de calcio y magnesio con el sodio en el complejo de cambio:

+

Ecuación 7.

Riesgo de acumulación de sodio (SAR)

$$SAR = \sqrt{\frac{Na^+}{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

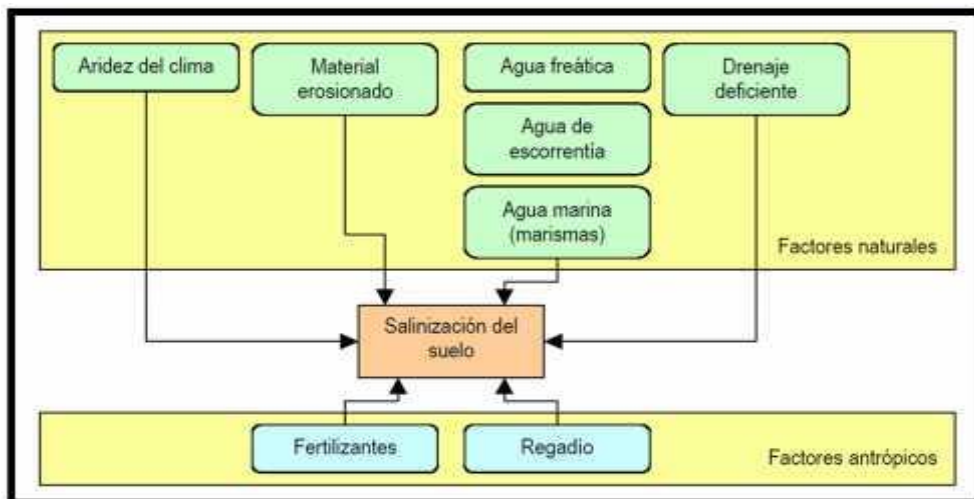
En los suelos sódicos, este valor se halla por encima de 13.

Suelos salino-sódicos. Se trata de suelos con altos niveles de sales y sodio. El RAS es superior a 13 y el pH menor de 8.5. La estructura no se halla degradada. Sin embargo, en épocas de fuertes lluvias o bajo riego con agua muy pobre en sales, al calcio y magnesio soluble pueden lavarse, produciéndose un enriquecimiento diferencial en sodio. En esas condiciones, el suelo puede volverse sódico.

Origen de las sales solubles. El estudio del ciclo de los elementos químicos permite identificar la procedencia de las sales que se acumulan en los suelos. La acumulación no se produce necesariamente *in situ*, sino que puede deberse a procesos de redistribución y acumulación posteriores a su génesis.

Figura 10.

Origen de la Acumulación de Sales en el Suelo.



Nota: La acumulación de sales solubles en el suelo está condicionada por factores litológicos, geomorfológicos, climáticos, hidrológicos y antrópicos (Figura.10). Además, el manejo inadecuado del suelo puede dar lugar a la concentración de sales. La salinización por causas antrópicas ocurre normalmente por el empleo de fertilizantes inadecuados, el riego con agua de mala calidad o en condiciones inadecuadas, o bien como resultado de la actividad industrial y minera.

Fuente: USDA (1977)

Las sales pueden encontrarse en el suelo de varias formas: precipitadas, en solución o retenidas en el complejo de cambio (adsorbidas).

Efectos de la salinidad y sodicidad sobre el crecimiento de las plantas.

En medios salinos, el crecimiento de las plantas se ve afectado desfavorablemente.

En las plantas no adaptadas a los medios salinos, la presencia de sales provoca una inhibición general del crecimiento. De manera detallada, los síntomas que puede ofrecer la planta son los siguientes:

- 1) Retardo en la germinación.
- 2) Menor área foliar y crecimiento lento o incompleto.
- 3) Menor producción de materia seca.
- 4) Necrosis en las hojas.
- 5) Hojas de color verde más oscuro que en plantas normales.
- 6) Disminución del rendimiento del cultivo.
- 7) En condiciones extremas, muerte antes de completar el desarrollo.

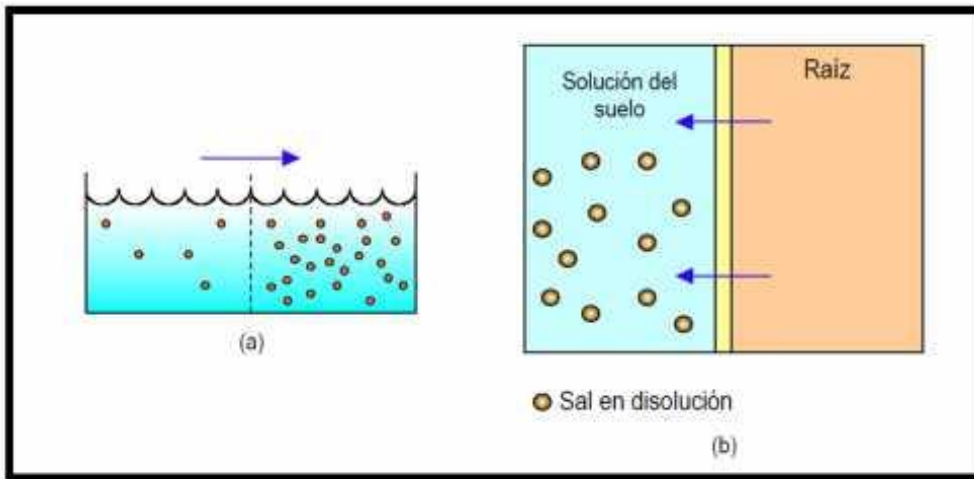
La acumulación de sales en el suelo lleva ligados problemas que se explican a partir de tres efectos diferentes que condicionan la fertilidad. Normalmente ocurre un solapamiento entre estos efectos, y es casi imposible identificarlos por separado:

Efecto osmótico. Actúa dificultando la absorción de agua por las raíces. La presión osmótica de la solución del suelo aumenta con la cantidad de iones en disolución. Cuando esto ocurre, las plantas deben realizar un ajuste osmótico en sus

células para poder seguir absorbiendo agua. El esfuerzo que debe hacer la planta para extraer el agua equivale al potencial matricial más el potencial osmótico. Este proceso requiere energía que se resta a otros procesos metabólicos.

Figura 11.

la planta no es capaz de absorber el agua, sufre estrés hídrico y se seca



Nota: En condiciones de salinidad, a pesar de que el suelo contenga agua, la planta no es capaz de absorber el agua, sufre estrés hídrico y se seca. Este proceso se conoce como sequía fisiológica. En la práctica, la energía adicional requerida para absorber el agua en un suelo salino es aditiva a la energía requerida para absorber el agua en un suelo no salino; a esta fuerza adicional se la conoce como el efecto osmótico o potencial osmótico (Figura.11).

Efecto del ion específico. El estudio de los fenómenos de toxicidad específica de los iones se suele plantear desde el punto de vista de un cultivo determinado, y queda al margen del estudio de la fertilidad.

Efecto del sodio intercambiable (suelos sódicos). Cuando el catión Na^+ ocupa la mayor parte del complejo arcillo-húmico, éste se dispersa, dificultándose la floculación. El porcentaje de sodio intercambiable se determina mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 8.

Efecto del sodio intercambiable

$$PSI = \frac{Na^+}{CCC} \times 100$$

Efecto de la salinidad sobre la fertilidad física

El principal efecto que tiene la acumulación de sales desde el punto de vista de la fertilidad física del suelo es la pérdida de estructura.

La presencia de Na⁺ en la solución del suelo actúa como un dispersante, de modo que evita la floculación de las arcillas y contribuye a la degradación de la estructura. Esto afecta al volumen poroso, que disminuye. Como resultado, disminuye también la permeabilidad y el drenaje vertical del perfil de suelo.

En el manejo de suelos con riesgo de sodificación es necesario tener en cuenta el valor de la concentración crítica para cada valor de PSI, para no producir una disminución de la fertilidad física del suelo por degradación de la estructura. Los datos obtenidos por Quirk y Schofield en 1955 (Figura 4.12) permiten establecer la relación entre estos dos parámetros. Estos datos permiten calcular la concentración crítica de sales (X) en el agua de riego:

Ecuación 9.

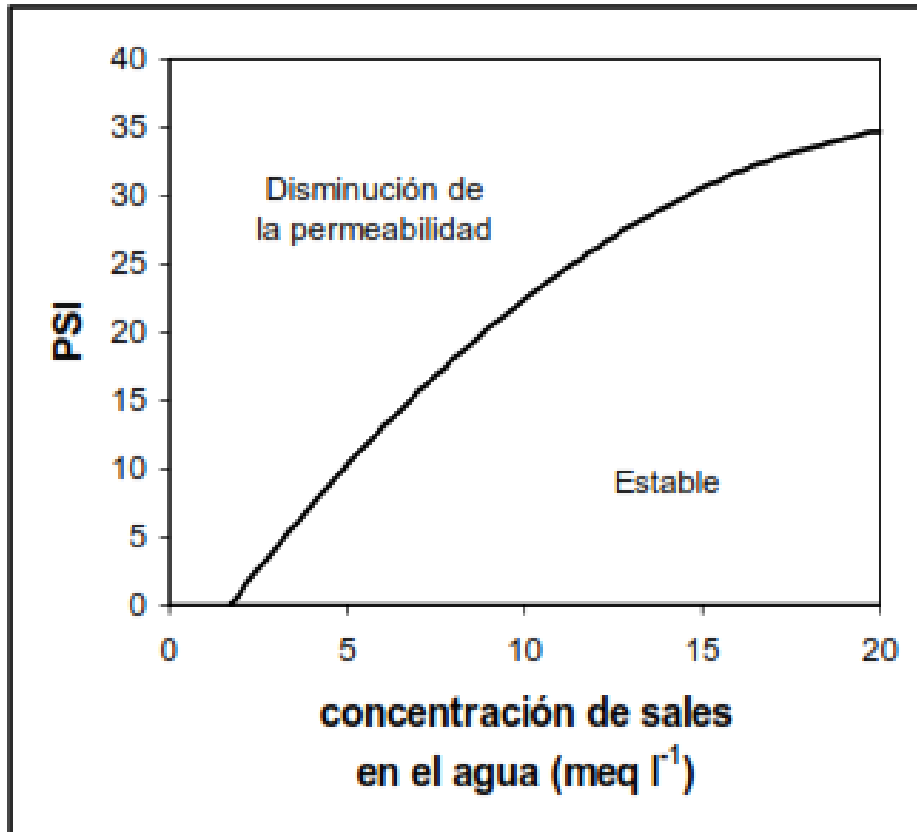
concentración crítica de sales (X)

$$X = 0.56x \frac{Na^+}{\sqrt{Ca^{+2}}} + 0.6$$

Esto puede contribuir a la mejora de suelos salino-sódicos para evitar la expansión y translocación de coloides, lavando con aguas de alta concentración salina, lo que permitirá mantener una conductividad hidráulica adecuada, de manera que el sodio vaya siendo lavado progresivamente.

Figura 12.

Relación entre el PSI y la Concentración de Sales en el Agua del Suelo



Fuente: Manual de Edafología. (2005)

Medida de la salinidad

La medida de la composición del suelo en sales solubles es complicada, de modo que se suele realizar una prueba previa de salinidad. Esta es una medida cualitativa, que consiste en medir la conductividad eléctrica (CE) de una mezcla suelo/agua en proporción 1:5 (CE1:5) o en pasta saturada (CEPS). La CE se mide mediante un conductímetro, cuyo fundamento es un puente de Wheatstone². La CE es proporcional a la concentración de sales en la solución, y se halla influida por la temperatura. Por esta razón, la lectura del conductímetro se halla referida a 25 °C. Sólo en el caso de que se observe un carácter salino del suelo es recomendable realizar el análisis cuantitativo de las sales solubles del suelo. Según la conductividad

eléctrica del suelo, ya sea en mezcla 1:5 o como pasta saturada, el suelo se puede clasificar según la **Tabla 7**.

Tabla 7.

Clasificación del Suelo Según su Conductividad Eléctrica

CE _{1:5} (dS/m)	CE _{PS} (dS/m)	DESCRIPCIÓN	COMENTARIO
< 0.35	< 2	No salino	Las plantas cultivadas no presentan problemas
0.35 – 0.65	2 – 4	Ligeramente salino	Algunas especies sensibles pueden presentar problemas
0.65 – 1.15	4 – 8	Salino	La mayoría de plantas cultivadas pueden presentar problemas
> 1.15	8 - 16	Muy salino	Sólo las especies resistentes a la salinidad pueden ser cultivadas

Fuente: Manual de Edafología. (2005)

Aunque no es un método fiable, sino meramente orientativo, la conductividad eléctrica en pasta saturada puede relacionarse con la conductividad eléctrica en mezcla 1:5 mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 10.

conductividad eléctrica

$$CE_{PS}=7.531 \times CE_{1.5} - 0.568$$

López (2005). Refiere que: Los elementos químicos del suelo pueden ocupar distintos compartimentos:

- 1) En la fase sólida.
- 2) En la fase líquida, disueltos en la solución del suelo.
- 3) En la interface sólido-líquido. En este caso, los elementos se hallan localizados en la superficie de las partículas (adsorbidos) y en su área de influencia, de modo que se hallan en íntimo contacto con la solución. La adsorción es la

asociación de una partícula (Un átomo, molécula o ión) a la superficie de un sólido.

El sistema responsable del proceso de intercambio se halla precisamente en este último compartimento, y es también llamado complejo de cambio, complejo coloidal o complejo adsorbente. Este complejo está constituido fundamentalmente por arcillas y materia orgánica humificada, y posee carga negativa, lo que le permite la adsorción de cationes. Cada tipo de catión tiene un equilibrio propio entre la solución del suelo y el complejo de cambio. Este equilibrio depende de factores como la carga y tamaño del ión, la competencia con otros cationes o la constitución de los componentes del complejo de cambio.

INTERCAMBIO IÓNICO

El intercambio iónico del suelo es un proceso físico-químico complejo. Fue puesto de manifiesto por Thompson y Way, a mediados del siglo XIX, mediante la percolación de diversas soluciones a través de columnas con arena, arcilla y materia orgánica, de modo que la composición del líquido al salir de la columna había variado respecto al inicial.

La capacidad del suelo para intercambiar iones tiene algunas consecuencias importantes, entre las que destacan las siguientes:

- 1) El suelo puede regular la disponibilidad de nutrientes para las plantas.
- 2) El intercambio iónico interviene en los procesos de floculación / dispersión de las arcillas.
- 3) El suelo puede retener elementos contaminantes o tóxicos, de manera que su efecto sobre el sistema se ve reducido.

CAMBIO CATIONICO

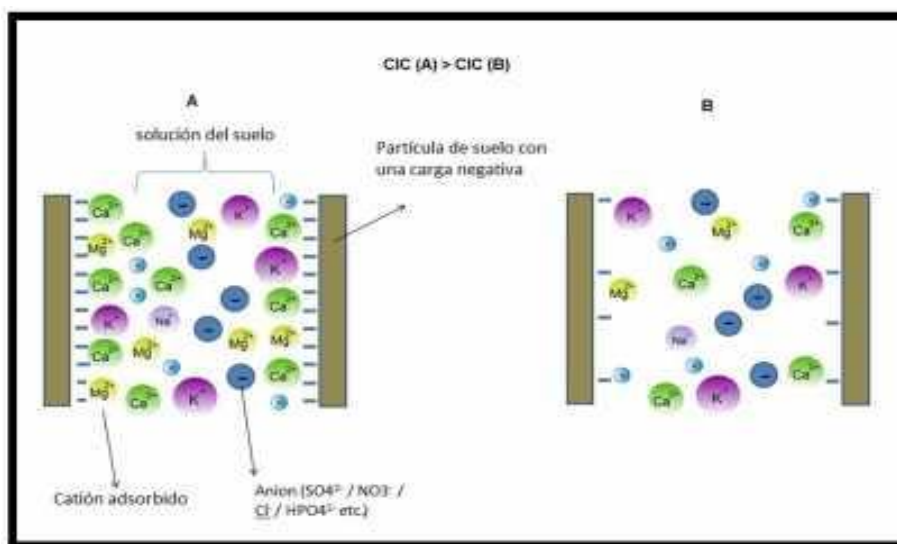
A.- Capacidad de Intercambio Catiónico

Smart (2013), Refiere que: CIC, la Capacidad de Intercambio Catiónico, se refiere a la cantidad total de cargas negativas que están disponibles sobre la superficie de las partículas en el suelo.

Es un indicador del potencial del suelo para retener e intercambiar nutrientes vegetales, mediante la estimación de su capacidad para retener cationes (cationes = sustancias que tienen carga positiva). Por lo tanto, la CIC del suelo afecta directamente a la cantidad y frecuencia de aplicación de fertilizantes. Las partículas de arcilla del suelo y la materia orgánica tienen una carga negativa sobre su superficie. Los cationes se atraen a estas partículas por fuerzas electrostáticas. La carga neta del suelo, es por tanto, cero.

Figura 13.

Comparación de Capacidad de Intercambio Catiónico.



Fuente: Manual de Edafología. (2005)

Los suelos con alta CIC suelen tener alto contenido de arcilla y/o materia orgánica. Estos suelos son considerados más fértiles, ya que pueden retener más nutrientes

Tabla 8.*Relación entre coloide y CIC.*

Tipo de coloide	CIC
(arcilla y humus)	mcq/100g
Caolinita	3 - 15
Haloisita	5 - 10
Montmorillonita	80 - 120
Verniculita	100 - 150
Ilita	20 50
Clorita	10 - 40
Humus	100 - 300
Sesquioxidos	< 2

Fuente: Manejo y Fertilidad de Suelos. (2011)

Tabla 9.*Relaciones entre Textura del Suelo y CIC.*

<u>Textura</u>	<u>CIC (mcq/100 g)</u>	<u>Categoría</u>
Arenas	< 5	Muy Baja
Franco -Arenosos Finos	5 - 10	Baja
Franco y Francos – Limosos	5 -15	Media
Franco Arcillosos	15 - 25	Alta
Arcillas	> 25	Muy Alta

Fuente: Manejo y Fertilidad de Suelos. (2011)

Cambio Aniónico

Los suelos ácidos de zonas tropicales, los suelos desarrollados a partir de materiales volcánicos (ricos en alófanos), o los suelos ricos en cargas variables (pH-dependientes) poseen cierta capacidad de intercambiar aniones con la solución del suelo, lo que se conoce como Capacidad de Intercambio Aniónico (CIA).

La caolinita puede presentar cierta carga positiva en las zonas de rotura de la lámina cristalina, lo que permite la adsorción de aniones presentes en la solución del suelo. La adsorción de aniones como el PO₄³⁻, el SO₄²⁻ y otros puede afectar a la nutrición de las plantas, para las que no se hallarán inmediatamente disponibles.

- MATERIA ORGÁNICA

Importancia de la Materia Orgánica en el Suelo.

Agricultura, Fertilización y Medio Ambiente (2011). Refiere que: El suelo es un recurso básico, limitado y esencial para numerosas actividades humanas entre las que se encuentra la capacidad de producción de alimentos, es lo que llamamos fertilidad. Cuando se habla de fertilidad del suelo nos referimos a su capacidad productiva en general y engloba tres aspectos: en primer lugar la fertilidad química (disponibilidad de nutrientes); en segundo la fertilidad biológica (la materia orgánica del suelo y su actividad) y por último la fertilidad física, es decir, las condiciones favorables o no para el desarrollo radicular (si el suelo está apelmazado, mal drenado, etc).

Los tres aspectos funcionan en equipo y si falla uno de ellos la fertilidad del suelo en su conjunto se verá seriamente afectada. La materia orgánica del suelo juega un papel fundamental en su fertilidad porque influye directamente sobre los tres tipos de fertilidad comentados.

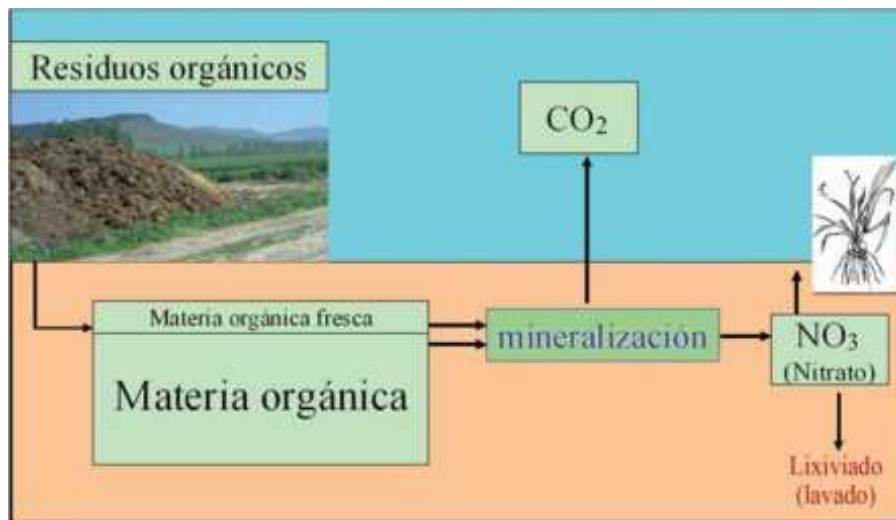
- Mejora las propiedades físicas: Permeabilidad, retención de agua, estructura, facilita el trabajo del suelo, el desarrollo de las raíces.
- Mejora las propiedades biológicas: al aumentar la cantidad, diversidad y la actividad de los microorganismos.

- Aporta importantes cantidades de elementos minerales a la “despensa” del suelo.

El contenido de materia orgánica de un suelo no es estable, sino que se renueva de manera constante. Por una parte se va descomponiendo lentamente (mineralización) y por otra se va incorporando al suelo otra materia orgánica fresca como restos de cosecha y abonos orgánicos. Las cantidades presentes en el suelo son las resultantes del equilibrio entre las entradas (aportes) y las salidas (mineralización, des nitrificación, volatilización, lixiviación, absorción por las plantas, etc.). (Ver el gráfico 14).

Figura 14.

El contenido de Materia Orgánica del suelo es un equilibrio entre los aportes (entradas) y las pérdidas por descomposición (salidas)



Fuente: Agricultura, Fertilización y Medio Ambiente (2011).

Fuentes de Materia Orgánica.

Las posibles fuentes de materia orgánica son muy variadas. Aunque los restos ganaderos supongan la inmensa mayoría de los abonos orgánicos aportados en agricultura, en torno al 97%, cada día encontramos más variedad de productos susceptibles de ser utilizados. Entre ellos podemos citar distintos restos:

- Agrícolas: restos de cosecha, astrojo.
- Ganaderos: distintas especies y formas (deyecciones sólidas y líquidas)
- Agroalimentarios: Subproductos de conserveras, congeladoras, etc.
- Urbanos: Compost, lodos.
- Plantas de biodigestión: digestatos.
- Industrial es. Harinas de carne.

Tabla 10.

Categorías de Materia Orgánica.

Categorías	Materia Orgánica (%)
Muy Pobre	Menos de 0.5
Pobre	0.5 a 1.0
Moderado	1.0 a 1.5
Normal	1.5 a 2.0
Muy Bueno	2.0 a 3.5
Rico	3.5 a 5.0
Muy Rico	Más de 5.0

Fuente: Manejo y Fertilidad de Suelos. (2011)

2.2.1.6. Calidad de Agua para Riego.

Fernández R., Oyonarte N., García, J. (2010). Refiere que: En sistemas de regadío, el uso de aguas de riego salinas supone el riesgo de salinizar el suelo y en muchos casos puede provocar una disminución en la producción del cultivo. Además de estos, otros problemas importantes que pueden ocasionarse son de toxicidad para las plantas, de infiltración del agua en el suelo y de obturaciones en sistemas de riego localizado.

Mediante la realización de los análisis oportunos se podrá conocer la calidad del agua de riego con bastante precisión. Este es un objetivo fundamental antes de la implantación de un regadío, ya que existen numerosos aspectos que es preciso determinar en función de la calidad del agua como aquellos relacionados con la elección del sistema de riego o el cultivo a establecer, los componentes de la instalación de riego o el tipo de tratamientos que es preciso realizar al agua para poder regar con ella. Otros aspectos como el dimensionamiento de la red de drenaje se pueden conocer una vez que se haya analizado la calidad del agua de riego y se conozcan las necesidades de lavado.

Además de constituir un importante criterio de elección, la calidad del agua de riego y en particular el contenido de sales, es un indicador necesario para un manejo del riego y balance de sales en la zona de raíces adecuado y evitar en lo posible los problemas indicados anteriormente.

El análisis de una muestra de agua deberá hacerlo un laboratorio especializado en este tipo de procedimientos, y deberá proporcionar al menos la siguiente información:

Tabla 11.

Valores considerado normales de un análisis de aguas de riego

Parametros	simbolos	unidad	Valores normales de aguas de riego
SALINIDAD			
Contenido de Sales			
Conductividad Eléctrica	CE	ds/m	0 - 3
Total, sólidos en solución	TSD	mg/l	0 - 2000
Cationes y aniones			

Calcio	Ca^{2+}	meq/l	0 - 20
Magnesio	Mg^{2+}	meq/l	0 - 5
Sodio	Na^{2+}	meq/l	0 - 40
Carbonatos	CO_3^{2+}	meq/l	0 - 0.1
Bicarbonatos	HCO_3^-	meq/l	0 - 10
Cloro	Cl	meq/l	0 - 30
Sulfatos	CO_4^{2-}	meq/l	0 - 20
NUTRIENTES			
Nitrato-nitrógeno	$NO_3 - N$	mg/l	0 - 10
Amonio-nitrógeno	$NO_4 - N$	mg/l	0 - 5
Fosfato-fosforo	$PO_4 - P$	mg/l	0 - 2
Potasio	K^{2+}	mg/l	0 - 2
VARIOS			
Boro	B	mg/l	0 - 2
Acidez o basicidad	pH	1-14	6 - 8.5
Relación de absorción de sodio	RAS	meq/l	0 - 15

(1) RAS: relación de adsorción de sodio

Fuente: <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/interpretacion-analisis-agua-riego>.
revisado (06/09/2018)

Los parámetros que el agua debe reunir y los valores normales que debe de obtener se obtiene de los estudios FAO sobre riego y drenaje.

En la tabla N° 11, se describe los valores normales que debe proporcionar un análisis de agua para poder proceder a su evaluación para su uso como agua de riego.

El análisis de agua tiene como objetivo conocer las características químicas y nutrientes presentes en el suelo de los cultivos de riego, así como el propio agua de riego empleada.

En el laboratorio al laboratorio de de Suelos y Agua de Facultad de Ciencias Agrarias-UNASAM se analizaron las características y parámetros físicas y químicas

de la calidad del agua de la zona de estudio C.p. de Vilcabamba- Chavin de Huantar los cuales los resultados se observan en la tabla N°

Medida de la conductividad eléctrica

La concentración o el contenido total de sales se pueden determinar de manera muy simple y rápida utilizando un aparato llamado conductímetro, que mide en realidad la conductividad eléctrica.

La conductividad eléctrica suele expresarse en deciSiemens por metro (dS/m) o en milimhos por centímetro (mmho/cm) y a una temperatura determinada, siendo ambas unidades equivalentes (una muestra con una conductividad de 1.2 dS/m tendrá también 1.2 mmho/cm). Una vez que se ha determinado la conductividad eléctrica, el contenido total de sales (CTS) en g/L (gramos por litro) se calcula con una fórmula muy simple:

Ecuación 11.

Contenido Total de Sales.

$$\text{Contenido Total de Sales} = 0.64 \times \text{Conductividad eléctrica.}$$

Existen una serie de criterios que establecen si el agua puede usarse para el riego según la cantidad de sales disueltas medidas en ella, criterios que deben usarse con precaución y ser aplicados con carácter general ya que cada caso particular puede tener soluciones adecuadas. La FAO (Organización para la Agricultura y la Alimentación) indica el riesgo de producirse problemas de salinidad según los siguientes límites en contenido de sales:

Figura 15.

Riesgo de Salinización del Suelo según la Conductividad Eléctrica o el contenido total de Sales del Agua de Riego.



Fuente: Manual de Riego para Agricultores, Modulo 1, Fundamentos de Riego. (2005)

Los problemas de salinidad pueden ser muy graves a menos que se establezcan una serie de tratamientos como lavado de sales frecuente o cambio de cultivo por otro u otros que resistan mejor las condiciones de salinidad. No obstante la experiencia y el asesoramiento técnico serán muy útiles para adecuar los límites y tolerancias en función del sistema de riego, el tipo de suelo y el cultivo.

Problemas de infiltración

Aunque se aporte agua al suelo mediante riego, si la infiltración es deficiente pueden surgir serios problemas para que ésta llegue a las raíces de las plantas. Los problemas más frecuentes relacionados con una infiltración baja suelen producirse cuando el sodio (que suele estar presente en el agua de riego) se incorpora al suelo y deteriora su estructura; los agregados del suelo se dispersan en partículas pequeñas que tapan o sellan los poros y evitan que el agua pueda circular e infiltrarse con facilidad. El efecto contrario lo producen el calcio y el magnesio, por lo que para evaluar realmente el problema que puede generar un exceso de sodio hay que saber también la cantidad de calcio y magnesio que hay en el suelo.

La forma de evaluar ese balance se realiza con un índice llamado Relación de Adsorción de Sodio (RAS). Cuanto mayor sea el RAS, mayor será la cantidad de sodio con respecto a la de calcio y magnesio y mayores serán los problemas de degradación del suelo y de infiltración del agua.

La salinidad del agua y la relación de adsorción de sodio, evaluados de forma conjunta, son normalmente los dos criterios más restrictivos para el uso del agua para riego.

Tabla 12.

Clases de Conductividad (salinidad)

CLASE	MHOS	CARACTERÍSTICAS
C1	0 - 250	Por salinidad. Util para mayor parte de los cultivos
C2	250 - 750	Salinidad moderada. Puede usarse en la mayor parte de los cultivos, excepto en los más susceptibles, a menos que se cuente con suelos permeables
C3	750 - 2250	Salinidad media a elevada. Recomendable en suelos de permeabilidad moderada a buena. Necesita lavados y Cuidados Especiales para control de salinidad
C4	2250 - 4000	Salinidad Elevada. Aplicable a suelos permeables y lavados especiales para el control de salinidad
C5	4000 - 6000	Salinidad muy elevada. Generalmente no apropiados para el riego, a menos que el suelo sea muy permeable y con lavado frecuentes
C6	> 6000	Salinidad Excesiva. No es útil para el riego

Fuente: Blasco y de la Rubia (Lab. de suelos IRYDA, 1973)

Tabla 13.

Presencia de Sodio.

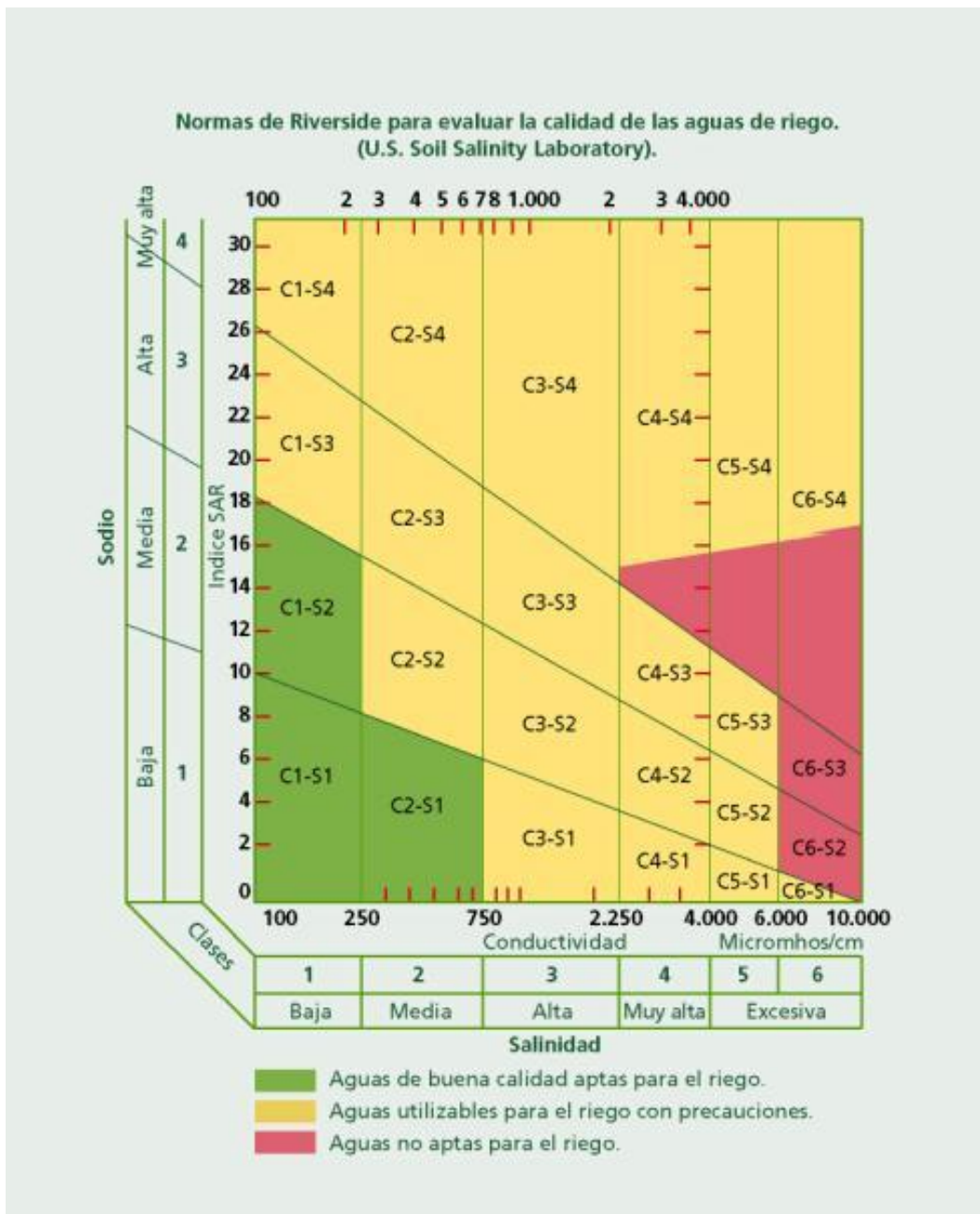
CLASE	m.e/lt	CARACTERÍSTICAS
S1	0 - 10	Baja en sodio. Puede usarse en la mayor parte de los cultivos, excepto en los muy sensibles
S2	250 - 750	Media en Sodio. Recomendados para suelos de textura gruesa u orgánica permisibles.

S3	750 - 2250	Alta en Sodio. Puede producir níveles tóxicos en la mayoría de los suelos. Necesitan practicas especiales de manejo
S4	2250 - 4000	Muy alta en sodio. No es Apropiada para el riego, excepto con salinidad media baja. Cuando la disolución de calcio del suelo o la aplicación de sulfato de calcio u otros mejoradores, es económica.

Fuente: Blasco y de la Rubia (Lab. de suelos IRYDA, 1973)

Figura 16.

Normas de Riverside para Evaluar la Calidad de las Aguas de Riego. (U.S. Soil Salinity Laboratory).



Fuente: Blasco y de la Rubia (Lab. de suelos IRYDA, 1973)

2.2.1.7. Alfalfa

2.2.1.7.1 Cultivo de Alfalfa Variedad w-350

Origen

Moreno and Talbot (2010), hace mención que esta variedad procede del sur de asi exactamente Irán, donde seguramente fue acondicionada para alimentar a los caballos procedentes de Asia Central. Según Plinio el viejo, los persas introdujeron la alfalfa en Grecia y de ahí paso a Italia. La gran expansión del cultivo fue llevada a cabo por los árabes a través del norte de África, llegando a España donde se expandió a toda Europa y luego a Latinoamérica.

CARITAS (2011) Refiere que: La alfalfa W350 tiene una dormancia de 3.8 meses, lo que le hace resistente a las sequias y heladas; cuando las condiciones son desfavorables pueden permanecer en el terreno en descanso hasta por 3 meses, luego brotar cuando las condiciones son favorables, en la sierra este periodo se da entre junio y octubre. Se ha demostrado que esta alfalfa se desarrolla con excelentes resultados entre los 2,600 y 4,200 msnm, sola o en asociación con gramíneas, en terrenos con pH ideal de 5.5 a 6.8 Su cultivo sólo requiere agua de lluvia, con riego rinde mucho más

El promedio de consumo anual de agua de riego varía fundamentalmente según “**eficiencia de uso**” con que se trabaje. El volumen de cada riego puede variar entre 1.000 a 1.400 m³/ha dependiendo de la evapotranspiración.

La cantidad de agua de riego es importante en la producción de alfalfa. La absorción de nutrientes en general se incrementa a medida que la tensión de la humedad del suelo disminuye desde marchitez permanente a capacidad de campo. Sin embargo, excesos de humedad en el suelo pueden conducir a una reducción significativa en el

potencial de crecimiento de la alfalfa. Incrementando la disponibilidad de nutrientes en el suelo, no pueden eliminar los efectos adversos del exceso de humedad. La posibilidad de variaciones de la humedad del suelo y la importancia del agua para la producción de materia seca, enfatizan la necesidad de un plan de fertilización y otras técnicas de producción, con el conocimiento de las limitaciones impuestas por la disponibilidad de agua.

La alfalfa es una especie de gran adaptación a distintos climas: húmedos, sub húmedos, semiáridos y áridos. La diversidad de variedades disponibles permite tener posibilidades de producción en distintos ambientes. Se adapta a distintos tipos de suelos, pero prefiere los suelos profundos y bien drenados. En suelos con algún impedimento de profundidad la producción de pasto es menor. En aquellos suelos con drenaje lento hay que plantar variedades que tengan buen comportamiento a enfermedades de raíz y corona.

El pH ideal varía de 6,8 a 7,5, rango en el cual la mayoría de los nutrientes, como por ejemplo: calcio, potasio, fósforo, magnesio y azufre, están disponibles. Además es muy importante saber cuánto Azufre hay (óptimo entre 10-15 ppm de Sulfatos) y la Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.) en 13-20 meq/100 g. Estos datos son fundamentales para arrancar con un cultivo de alta tecnología. La planta tiene una raíz principal pivotante que profundiza el suelo, la que puede extraer agua desde abajo y le permite tolerar sequía y un sistema radicular secundario, superficial, en cabellera que le permite absorber el 70% de los nutrientes. Por estas raíces, se introducen las bacterias Rhizobium (*Sinorhizobium meliloti*) que forman los nódulos.

La alfalfa tolera deficiencias hídricas prolongadas pero no tolera los anegamientos del suelo y en especial si éstos se dan con temperaturas altas. En

implantación, un anegamiento de 36 horas y con 30°C, hay muerte de plantas. Las plantas adultas presentan más tolerancia a condiciones de asfixia que las jóvenes. Tolera salinidad de 2 a 6 Mm/cm. En suelos con 8 Mm/cm reduce la producción de pasto en un 50%. Se han seleccionado variedades que toleran más de 8 Mm/cm. Un alto contenido de sodio en el suelo, tiene efecto fitotóxico sobre la planta.

Tabla 14.

Efectos del pH en Rendimiento de Forrajera en Toneladas

PH	Potencial del Forraje(Tn/ha)
5	1.6 = 9%
5.7	7.6 = 41%
6	9.0 = 50%
6.3	10.8 = 60%
6.5	15.7 = 86%
6.8 - 7.5	18.2 = 100%

Fuente: Manual Técnico Forratec N° 2. (2008)

Tabla 15.

Niveles de Fertilidad.

Fertilidad del suelo nivel para el 14 - 18 ton. Alfalfa (ppm)		Fertilidad del suelo nivel para el 18 - 22 ton. Alfalfa (ppm)	
P	30	P	40
K	200	K	225
B	1.5	B	1.5
S	1.5	S	20
Ca	500	Ca	500
Mg	100	Mg	100
Mn	10	Mn	10

2.2.1.8. Sistema de Riego Tecnificado

Burgcom (2013). Refiere que: “Se le denomina así, porque permite la aplicación del agua y los fertilizantes al cultivo en forma de "gotas" y localizada con alta frecuencia, en cantidades estrictamente necesarias y en el momento oportuno u óptimo.

Esta aplicación, se hace mediante una red de tuberías (de conducción y distribución de PVC o Polietileno), y de laterales de riego (mangueras o cintas), con emisores o goteros, que entregan pequeños volúmenes de agua periódicamente, en función de los requerimientos hídricos del cultivo y de la capacidad de retención del suelo.”

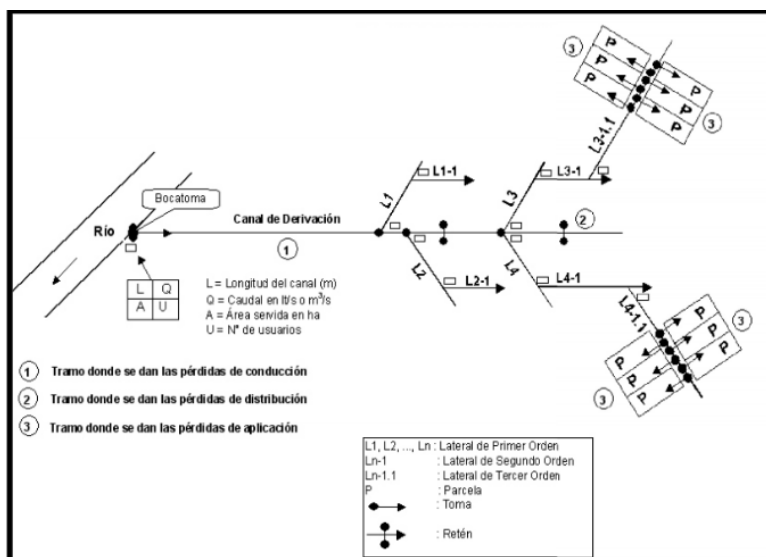
Ventajas del Sistema del Riego Tecnificado

- + Permite aplicar el agua en forma localizada, continua eficiente y oportuna.
- + Se adapta a cualquier suelo y condiciones topográficas diversas.
- + En paralelo se riega fertiliza y controla plagas, ahorrando tiempo y jornales.
- + Evita desarrollo de maleza y la presencia de plagas y/o enfermedades.
- + Permite aplicar agua y fertilizante cuando la planta lo requiere lo cual favorece significativamente el desarrollo de las plantas y la producción.
- + Permite alcanzar entre los 90 y 95% de eficiencia de aplicación, que no se alcanza con otro sistema de riego.
- + Se puede utilizar aguas salinas dependiendo de la tolerancia del cultivo.

No le afectan los vientos fuertes, ya que el agua es aplicada directamente a la zona radicular.

Figura 17.

Sistema de Riego Tecnificado.



Fuente: Minagri, (2015)

2.2.1.8. Diseño Agronómico

Fuentes, Y. José, (2003) Refiere que: En todo sistema de riego el diseño agronómico es el componente fundamental, al extremo que los errores que se cometan en esta fase hacen que no sirvan los detallados cálculos hidráulicos o la elección de automatismo. La importancia de un buen diseño agronómico en los proyectos de riego por goteo repercutirá directamente en: La producción y operaciones de riego, capacidad de las redes estructurales de riego.

Evapotranspiración

Recibe el nombre de evapotranspiración potencial (o uso consuntivo de agua) a la cantidad de agua transpirada por el cultivo y evaporada desde la superficie del suelo en donde se asienta el cultivo. Cabe distinguir dos formas de evapotranspiración:

Evapotranspiración Potencial (ETP)

Es la cantidad de agua consumida, durante un determinado periodo de tiempo, en un suelo cubierto de una vegetación homogénea, densa, en plena actividad vegetativa y con un buen suministro de agua.

Ecuación 12.

Evapotranspiración Potencial (ETP)

$$ETP = MF * TMF * CH * CE$$

ETP : Evapotranspiración potencial (mm/mes).

MF : Factor mensual de latitud.

TMF : Temperatura media mensual (°F).

CH : Factor de corrección por la humedad relativa.

Ecuación 13.

Factor de corrección por la humedad relativa.

$$CH = 0.56x\sqrt{100 - HR} \quad \dots \text{ Para } HR > 64\%$$

$$CH=1 \quad \dots \text{ Para } HR < 64\%$$

HR : humedad relativa media mensual %

CE : factor de corrección por la altitud de la zona

Ecuación 14.

Factor de corrección por la altitud de la zona

$$CE = 1.00 + 0.04 \frac{(xE)}{2000}$$

Tabla 16.

Factor de evapotranspiración potencial (E).

Latitud S (°)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1	2.788	2.117	2.354	2.197	2.137	1.99	2.091	2.216	2.256	2.358	2.234	2.265
2	2.371	2.136	2.357	2.182	2.108	1.956	2.05	2.194	2.251	2.372	2.2263	2.301
3	2.352	2.154	2.36	2.167	2.079	1.922	2.026	2.172	2.246	2.386	2.29	2.337
4	2.385	2.172	2.362	2.151	2.05	1.888	1.993	2.15	2.24	2.398	2.318	2.372
5	2.416	2.189	2.363	2.134	2.02	1.854	1.96	2.126	2.234	2.411	2.345	2.407
6	2.447	2.205	2.363	2.117	1.98	1.82	1.976	2.103	2.226	2.422	2.371	2.442
7	2.478	2.221	2.363	2.099	1.959	1.785	1.893	2.078	2.218	2.433	2.397	2.476
8	2.508	2.237	2.362	2.081	1.927	1.75	1.858	2.054	2.21	2.433	2.423	2.51
9	2.538	2.251	2.36	2.062	1.896	1.715	1.824	2.028	2.201	2.453	2.448	2.544
10	2.567	2.266	2.357	2.043	1.864	1.679	1.789	2.003	2.191	2.462	2.473	2.577
11	2.596	2.279	2.354	2.023	1.832	1.644	1.754	1.976	2.18	2.47	2.497	2.61
12	2.625	2.292	2.35	2.002	1.799	1.608	1.719	1.95	2.169	2.477	2.52	2.643
13	2.652	2.305	2.345	1.981	1.767	1.572	1.684	1.922	2.157	2.484	2.543	2.675
14	2.68	2.317	2.34	1.959	1.733	1.536	1.648	1.895	2.144	2.49	2.566	2.706
15	2.707	2.328	2.334	1.937	1.7	1.5	1.612	1.867	2.131	2.496	2.588	2.738
16	2.734	2.339	2.327	1.914	1.666	1.464	1.576	1.838	2.117	2.5	2.61	2.769
17	2.76	2.349	2.319	1.891	1.632	1.427	1.54	1.809	2.103	2.504	2.631	2.799
18	2.785	2.359	2.311	1.867	1.598	1.391	1.504	1.78	2.088	2.508	2.651	2.83
19	2.811	2.368	2.302	1.843	1.534	1.354	1.684	1.75	2.072	2.51	2.671	2.859

Fuente: Absalon Vasquez villanueva “manejo de pequeñas cuencas” tomo 1.

Evapotranspiración real (ETR)

Es la cantidad de agua realmente consumida por un determinado cultivo por un periodo de tiempo considerado.

Desde el punto de vista hidrológico, el rendimiento de los cultivos es máximo cuando la transpiración es máxima y esto ocurre cuando el cultivo se desarrolla en las mejores condiciones posibles, ocurre entonces la evapotranspiración real que coincide con la evapotranspiración máxima. Su cálculo se realiza por la siguiente formula.

Ecuación 15.

Evapotranspiración. Real

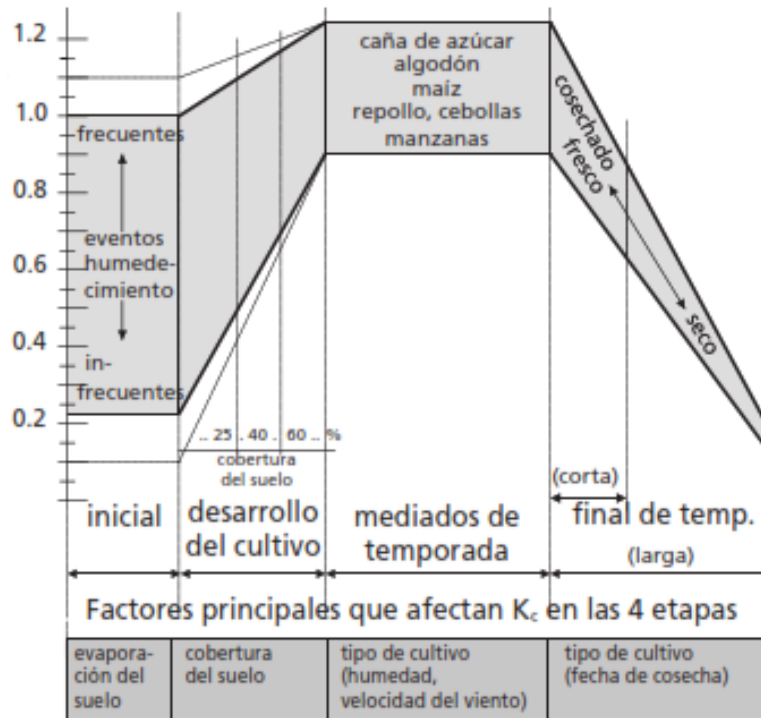
$$ETR = K_c * ETP \quad \dots \text{ mm/mes}$$

Donde:

- ETR : Evapotranspiración real.
- Kc : Coeficiente de cultivo
- ETP : Evapotranspiración potencial

Figura 18.

Rangos típicos esperados del valor de Kc para las cuatro etapas del crecimiento



Fuente: Estudio Fao Riego y Drenaje. (2006).

Como se observa en la figura, Kc comienza siendo pequeño y aumenta a medida que la planta cubre más el suelo. Los valores máximos de coeficiente de cultivo se alcanzan en la floración, se mantienen durante la fase media y finalmente decrecen durante la fase de maduración.

Lo mejor es disponer de valores de Kc para cada cultivo obtenidos en la zona y para distintas fechas de siembra, pero en ausencia de esta información se pueden usar valores orientativos de coeficiente de cultivo para varios cultivos herbáceos y

hortícolas como los siguientes, en los que se observa que aun siendo diferentes para cada cultivo, presentan valores bastante próximos entre ellos.

Tabla 17.

Valores de Kc herbáceos y hortícolas

Cultivo	Inicial	Desarrollo	Media	Maduración
Algodón	0.45	0.75	1.15	0.75
Berenjena	0.45	0.75	1.15	0.8
Cebada	0.35	0.75	1.15	0.45
Girasol	0.35	0.75	1.15	0.55
Judía verde	0.35	0.7	1.1	0.3
Lechuga	0.45	0.6	1	0.9
Maíz	0.4	0.8	1.15	0.7
Melón	0.45	0.75	1	0.75
Patata	0.45	0.75	1.15	0.85
Pimiento	0.35	0.7	1.05	0.9
Remolacha	0.45	0.8	1.15	0.8
Soja	0.35	0.75	1.1	0.6
Sorgo	0.35	0.75	1.1	0.65
Tabaco	0.35	0.75	1.1	0.9
Tomate	0.45	0.75	1.15	0.8
Trigo	0.35	0.75	1.15	0.45
Zanahoria	0.45	0.75	1.05	0.9

Evapotranspiración real (ETR)

Es la cantidad de agua realmente consumida por un determinado cultivo por un periodo de tiempo considerado.

Desde el punto de vista hidrológico, el rendimiento de los cultivos es máximo cuando la transpiración es máxima y esto ocurre cuando el cultivo se desarrolla en las mejores condiciones posibles, ocurre entonces la evapotranspiración real que coincide con la evapotranspiración máxima. Su cálculo se realiza por la siguiente fórmula.

Lámina neta de agua

Llamada también tasa de riego, es la cantidad de agua aplicada a un suelo en cada riego. Por tanto su unidad de medida se expresa en mm. De altura de agua aplicada. La lámina neta de agua aplicada a un suelo, depende de dos factores básicos: la capacidad retentiva de humedad del suelo y la profundidad de riego, su determinación es haciendo uso de la siguiente fórmula.

$$Ln = \frac{CC - PMP) \times Da \times P}{100}$$

Ln: Lámina Neta de agua. (mm)

CC: Capacidad de Campo. (%)

PMP: Punto de Marchitez Permanente. (%)

Da: Densidad Aparente del suelo. ((gr/cm³)/ (gr/cm³))

P: Profundidad de raíces. (mm)

Lamina Bruta de agua

Cuando se aplica un riego a la parcela, se trata de que produzca la menor cantidad de pérdidas posibles, aunque en la práctica no existe un riego totalmente eficiente. Indudablemente la eficiencia depende de la habilidad, destreza y experiencia del agricultor cuando nos referimos al riego por gravedad, pero cuando aplicamos riego por aspersión depende más del clima y de la tecnología de riego propuesto.

$$Lb = \frac{Ln}{E}$$

Donde:

Lb: Lámina bruta de agua (mm)

Ln: Lámina neta de agua. (mm)

E: eficiencia de aplicación. (%)

Eficiencia de Riego.

En las áreas bajo riego es fundamental el estudio de dos de los recursos más importantes para la sustentación de la agricultura; el suelo y el agua. La eficiencia con que los agricultores riegan depende del manejo del agua durante el riego y de las características hidrodinámicas del suelo. Esta Interacción es causa de una determinada eficiencia en el uso del agua con fines de riego. Casi siempre se aprecia que los diferentes métodos de riego operan con rangos de eficiencia diferentes con que fueron diseñados.

Frecuencia o intervalo de riego

La frecuencia de riego se refiere al intervalo de tiempo o días que deben pasar entre riegos sucesivos. En otras palabras, responde a la pregunta ¿Cuándo regar?, para obtener un rendimiento adecuado en cantidad y calidad de un determinado cultivo. La condición ideal es que el riego se ejecute cuando el contenido de agua disponible en el suelo sea lo suficientemente alto, de tal manera que el suelo pueda suministrar agua con la rapidez necesaria para compensar las exigencias de la planta sin que ésta sufra ningún trastorno que pueda reducir el rendimiento o calidad del producto cosechado.

Tiempo de regar

El tiempo de riego es el período que debe permanecer el agua escurriendo sobre el suelo para que penetre hasta la profundidad de raíces del cultivo. Una forma

práctica de determinarlo es a través de la profundidad de las raíces. Por ejemplo, en suelos profundos las raíces del maíz pueden llegar a una profundidad de 2 m, pero la mayor parte se sitúa en los primeros 60 a 80 cm, produciéndose en esa capa de suelo cerca del 90% de la absorción de agua. Esto indica que los riegos en esos suelos deben humedecer hasta esa profundidad para lograr la máxima eficiencia.

Los tiempos de riego para mojar 1,0 m de profundidad en diferentes texturas de suelo, considerando un contenido de humedad inicial equivalente al 40% de la humedad aprovechable se indican en la **Tabla 18**.

Tabla 18.

Tiempo de riego promedio para humedecer hasta 1.0 m de profundidad en diferentes tipos de suelo

Textura	Tiempo de Riego (hr)
Arcilloso	15 a 25
Franco Arcilloso	10 a 15
Franco Arenoso	8 a 10
Arenoso	4 a 6

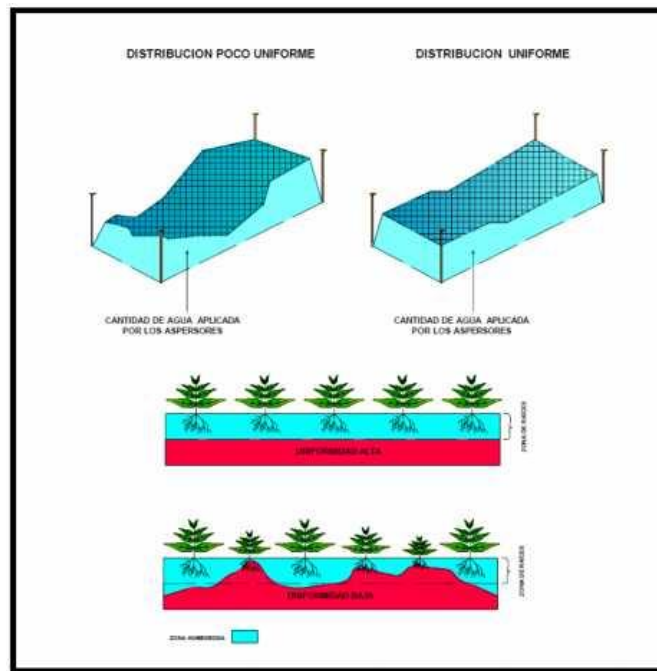
Fuente: Manual de Riego para Agricultores, Modulo 1, Fundamentos de Riego

2.2.1.8. Diseño Hidráulico

2.2.1.8.1 Hidráulica y Riegos

Franco Salas A., Urrestarazu Pérez L. (2013). Refiere que: El diseño hidráulico tiene por finalidad el cálculo de las dimensiones de la red de distribución y de la optimización del trazado de la misma, de forma que se pueda aplicar el agua suficiente para los cultivos durante cualquiera de sus formas de desarrollo; otro objeto es conseguir que la aplicación del agua en forma de lluvia sobre el suelo sea suficientemente uniforme. Con todo ello se obtendrán buenas producciones con el menor gasto de agua, figura 19.

Figura 19.
Distribución y optimización del agua aplicada



Fuente: Manual de Riego para Agricultores, Modulo 3, Riego por Aspersión. (2005)

Los ramales, porta aspersores o alas de riego son los que distribuyen el agua al cultivo por medio de los aspersores acoplados a ellos. Las tuberías porta laterales o de alimentación son aquellas de donde derivan los ramales. Tanto en ramales como porta ramales se da el caso de una conducción con salidas múltiples distribuidas a lo largo de ella, uniformemente espaciadas y por las que descarga el mismo caudal.

$$Q = n \cdot q$$

Q = Caudal del ramal

n = Número de salidas

q = Caudal de cada salida

Al principio de la tubería con salidas múltiples (en su conexión con la tubería de alimentación), el caudal es Q. A medida que se avanza en la tubería, las pérdidas de carga por rozamiento son menores que las que ocurren en una tubería de

igual diámetro y longitud, pero sin salidas intermedias. Estas pérdidas de carga se pueden calcular tramo por tramo entre dos salidas consecutivas, en donde el caudal se mantiene constante, y luego sumar los valores obtenidos en todos los tramos. Para evitar este procedimiento tan engorroso, Christiansen ideó un método basado en calcular la pérdida en una tubería de igual longitud, diámetro y rugosidad, sin salidas intermedias, por la que circula el caudal Q . Posteriormente se multiplica por un coeficiente reductor F (Factor de Christiansen) para que las pérdidas en ambos casos sean equivalentes.

2.3 Conceptos

2.3.1. Acidez del Suelo.

Suelo con reacción ácida por debajo de 6.6, valor considerado como normal para suelos de riego agrícolas, hasta donde alcanza la altura de suelos agrícolas, en esta porción de suelo la concentración de iones H^+ y Al^+ están en niveles altos en el complejo de cambio.

2.3.2. Fertilidad del Suelo

Cualidad que capacita a un suelo para suministrar los compuestos necesarios en cantidades convenientes y balanceadas apropiadamente para el crecimiento de plantas específicas, siendo favorables otros factores como la luz, la temperatura, y las condiciones físicas del suelo.

2.3.3. El suelo

Término general que se aplica al material animal o vegetal en cualquier estado de descomposición que se encuentra sobre o dentro del suelo.

2.3.4. Meteorización

Desintegración y descomposición física y química de las rocas y de los minerales.

2.3.5. Perfil del Suelo

Sección vertical del suelo a través de todos los horizontes hasta llegar al material parental.

2.3.6. Profundidad Efectiva del Suelo

Espesor del material del suelo, en el cual las raíces de la planta pueden penetrar fácilmente para obtener agua y nutrientes. Está limitado en la parte inferior por una capa de características físicas y químicas capaces de impedir o retardar en forma considerable, el crecimiento de la raíces.

2.3.7. Reacción del Suelo

Grado de acidez o alcalinidad del suelo.

2.3.8. Suelo

Cuerpo natural compuesto de materiales orgánicos y minerales colocados sobre la superficie de la corteza terrestre, en el cual crecen plantas.

2.3.9. Terreno de Cultivo

Área de cultivo utilizado regularmente para la producción de cosechas, con excepción de las forestales.

2.3.10. Textura del Suelo

Proporción relativa de arena, limo y arcilla en un suelo, de acuerdo al cual se ordenan en clases texturales, según la cantidad y tamaño de partículas que poseen.

2.3.11. Uso del Suelo

Ocupación del suelo por cualquier actividad que haga un uso directo.

2.3.12. Peso Específico

El peso específico de una sustancia se define como su peso por unidad de volumen. Se calcula dividiendo el peso de la sustancia entre el volumen que ésta ocupa. En el Sistema Técnico, se mide en kilopondios por metro cúbico (kp/m^3). En el Sistema Internacional de Unidades, en newton por metro cúbico (N/m^3).

2.3.13. Humedad del Suelo

Cantidad de agua almacenada dentro o en la superficie de las tierras que se encuentra disponible para la evaporación.

2.3.14. Salinización

Acumulación de sales en suelos.

2.3.15. Capilaridad

Elevación o depresión de la superficie de un líquido en la zona de contacto con un sólido, por ejemplo, en las paredes de un tubo.

2.3.16. Porosidad

Relación del volumen de vacíos entre el volumen de la muestra de suelo.

2.3.15. Suelo Homogéneo

Suelo en el que sus propiedades no varían de un punto a otro.

2.3.15. Suelo Saturado

Suelo que se caracteriza por tener todos sus vacíos ocupados por agua.

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo de Investigación

No experimental, no probabilístico intencionado, según el propósito de la presente investigación es aplicada de nivel descriptivo, por el periodo en que se capta la información es retrospectiva e prospectivo y transversal, por la evolución del fenómeno en la investigación transversal, por el énfasis de la naturaleza del dato a manejar es cuantitativo.

3.2. Descripción de la Zona de Estudio

El trabajo se realizó en la C.P. Vilvabamba, Distrito de Chavin de Huantar, provincia de Huari en la región Ancash, localizado en las coordenadas UTM: 8943412.07 m S, 261142.67 m E, altitud 3229 m.s.n.m. El clima es frío, la morfología accidentada, las precipitaciones fuertes, suelo franco arcilloso.

3.3. Materiales

3.3.1 Información Básica

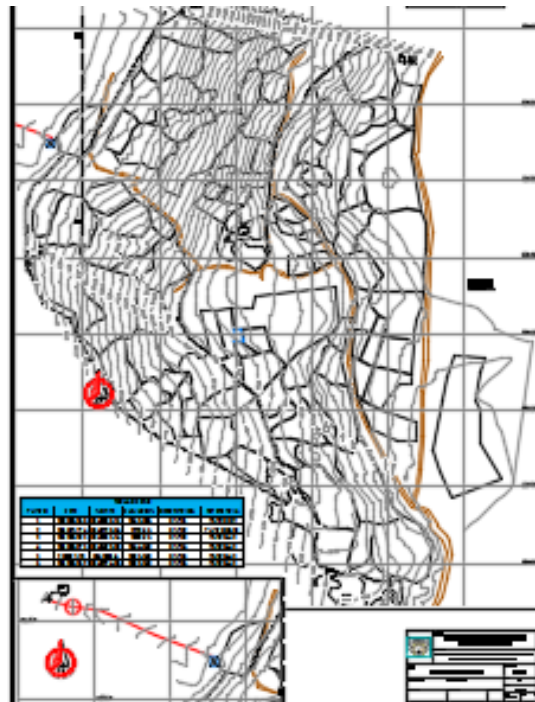
3.3.1.1 Información Topográfica

En la primera etapa se siguió con la obtención de las coordenadas de los puntos de control, que en este caso se obtuvo con la ayuda del GPS, de tal manera se pudo obtener los datos que son necesarios para realizar el trabajo de levantamiento del terreno.

Para el siguiente paso se realizó la demarcación de los puntos de estación del instrumento en este caso la estación total, para dicha demarcación se utilizó pintura roja. Una vez instalada el instrumento se midió la altura, el cual dicho dato se apunta en la libreta de campo, para luego ser introducida en la memoria de la estación y los demás datos obtenidos con el GPS.

Figura 20.

Plano topográfico y bms



Fuente: Elaboración Propia

3.3.1.2 Calicatas para la toma de muestra de suelo.

Antes de proceder a la toma de muestras, se delimito las áreas que se tomó como unidades de muestreo. Para esto se elaboró un esquema de campo, tomando en cuenta la productividad del suelo, topografía, textura, estructura, drenaje, color, cubierta vegetal dominante, manejo y cultivo anterior.

En suelos uniformes, se procedió a tomar una muestra la cual contiene por lo menos 5 a 6 submuestras para un área máxima de 4 a 6 hectáreas, sin embargo en suelos con mucha variabilidad el terreno se dividió de acuerdo a los criterios antes antedichos.

La profundidad del muestreo varía de acuerdo al sistema radicular del cultivo a enraizar, en general, las muestras se tomaron desde la superficie aun el inferior de la capa arable, en la mayoría de los casos es de 0-30 cm

Tomando en cuenta la productividad del suelo, topografía, textura, estructura, drenaje, color, vegetación dominante, manejo y cultivo anterior. Para calcular los diferentes parámetros físicos y químicos.

3.3.1.3 Toma de muestra de agua

Se llevo una botella para recopilación de muestras en la captación rustica que se encuentra ubicada el lugar denominado quebrada Vilcabamba.

- Identificación del canal de riego.
- Enjuagamos la botella 4 veces con el agua del mismo canal.
- Tomamos la muestra, luego rotulamos la botella y llevamos al laboratorio.
- Al momento de trasportarlo evitamos exponerlo a la radiación solar

3.3.1.4 Velocidad de infiltración-Método de Cilindros Infiltrómetros

- Lectura del cilindro de infiltración

Las anillas de infiltración sirven para hacer pruebas que determinan la permeabilidad en suelo, simulando el proceso de infiltración del agua en el suelo. Las pruebas se realizan enterrando dos anillas de forma concéntrica, esto quiere decir que una es de diámetro mayor que la otra. Las de mayor tamaño generalmente son de 60 cm de diámetro y las menores de 30 cm de diámetro. Se llenan ambas con agua y se mide la tasa de descenso de esta agua en la anilla interior. Se realiza así para que el flujo del agua en el suelo sea lo más vertical posible, dado que la infiltración en la anilla externa limita el flujo lateral del agua infiltrada por la anilla interna, disminuyendo la distorsión de los datos obtenidos.

Tabla 19.
Lectura de Cilindro Infiltrómetro

Tiempo (minutos)		Lectura (cm)
parcial	Acumulado	
0	0	8
1	1	8.8
2	3	9.4
2	5	9.9
3	8	10.3
3	11	11.1
4	15	11.7
5	20	12.3
10	30	13.3
10	40	14.1
15	55	14.9
15	70	16
20	90	16.7

Fuente: Elaboración Propia

3.3.1.5 Trabajo de Laboratorio

Se realizarán las siguientes pruebas en el laboratorio de ciencias agrarias

MÉTODO DE ANÁLISIS DE SUELO

- ✚ **Textura:** mediante el Método del Hidrómetro o de Bouyoucos.
- ✚ **Salinidad (C.E.):** medida de conductímetro relación suelo - agua
- ✚ **Medición de Ph:** medida en el potenciómetro relación suelo - agua
- ✚ **Materia Orgánica:** método de Waylkley and black
- ✚ **Nitrógeno total:** Método de microkjeidath
- ✚ **Fosforo disponible:** Método de oslen extracción con bicarbonato de sodio 5 N a PH. 8.5
- ✚ **Potasio disponible:** Método de H₂SO₄ 6N Lectura de absorción atómica

CARACTERIZACIÓN

- ✚ **Cationes Cambiables** : extracción de Acetato de amonio 1 N ,PH

✚ **Cationes Solubles** : extracción de agua destilada relación (1 ; 5)

lectura en absorción atómica

✚ **CIC** : Suma de cationes

✚ **Acidez Cambiable** ($\text{Al}^{+3} + \text{H}^+$): Método de Scolov, extracción de KCI 1.0 N

✚ **Aniones**

- Cl^{-1} : Volumétrico , Nitrato de plata

- CaCO_3 : Método Calcimetro

- SO^{-2} : Lectura en Espectrofotómetro Único digital

FÍSICO

✚ **Capacidad de Campo y Punto de Marchitez:** Método Cifra Arany

✚ **Densidad Aparente (Da)** : Método de Parafina

✚ **Densidad Real** : Método del Picnómetro

3.3.1.6 Trabajo de Gabinete

✚ **Calculo de la demanda de Agua**

✚ **Calculo de Área a regar** : mediante el Civil 3D

✚ **Calculo de Presiones** en cada Nodo del sistema de riego por aspersión mediante el programa Sewercad

✚ **Caudal en cada tramo de la tubería** mediante el programa Sewercad

IV RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Resultados y Discusiones del Objetivo 1

4.1.1 Propiedades Físicas del Suelo

Se obtuvo las muestras alteradas mediante el método de calicatas de 0.60 x 0.60, de 6 parcelas tomadas completamente al azar y de manera aleatoria. Las cuales fueron trasladadas al Laboratorio de Suelos y Agua de Facultad de Ciencias Agrarias-UNASAM. (Ver anexo N°01).

Tabla 20.

Propiedades Físicas de los Calicata N°01

Descripción		Valor
textura	Arena %	80
	Limo %	16
	Arcilla %	4
Clase de textura		Areno Franco
Densidad Aparente gr/cm ³		1.1
Densidad real gr/cm ³		2.46
Capacidad de campo (%)		38.00
Punto de marchitez (%)		18.00
Presencia de vertisoles con estructura prismática		

Nota: calicata N° 01 coordenadas utm E:260880.619

N:8943537.44 cota 3740 m.s.n.m

Elaboración propia

En la tabla N°20, Según la Fao un terreno apto para el cultivo de alfalfa debe tener Arena 40%, Limo 40%, Arcilla 20%, La clase ideal de suelo para agricultura se conoce como suelo *franco* por tal motivo, se debe mejorar la calidad de terreno agregando la materia orgánica, como el compost o el estiércol, puede mejorar cualquier tipo de suelo, construyendo la estructura del mismo y su capacidad para retener el agua. Es

rica en nutrientes y ayudan a incrementar el pH de los suelos arenosos ácidos. De tal manera logramos terrenos para el cultivo esponjosos y aireados

Tabla 21.

Propiedades Físicas de los Calicata N°02

Descripción		Valor
Textura	Arena %	54
	Limo %	23
	Arcilla %	23
Clase de textura		Franco Arcilloso Arenoso
Densidad Aparente gr/cm ³		1.42
Densidad real gr/cm ³		2.59
Capacidad de campo (%)		21.00
Punto de marchitez (%)		12.00
Presencia de Vertisoles con Estructura Prismática		

Nota: calicata N° 02 coordenadas utm E: 261022.521

N: 8943271.178 cota 3660 m.s.n.m.

Elaboración Propia

En la tabla N°21, Según la Fao un terreno apto para el cultivo de alfalfa debe tener Arena 40%, Limo 40%, Arcilla 20%, La clase ideal de suelo para agricultura se conoce como suelo *franco* por tal motivo, se debe mejorar la calidad de terreno agregando la materia orgánica, como el compost o el estiércol, puede mejorar cualquier tipo de suelo, construyendo la estructura del mismo y su capacidad para retener el agua. Es rica en nutrientes y ayudan a incrementar el pH de los suelos arenosos ácidos. De tal manera logramos terrenos para el cultivo esponjosos y aireados

Tabla 22.*Propiedades Físicas de los Calicata N°03*

Descripción		Valor
textura	Arena %	78
	Limo %	14
	Arcilla %	8
Clase de textura		Franco Arenoso
Densidad Aparente gr/cm ³		1.32
Densidad real gr/cm ³		2.48
Capacidad de campo (%)		32.00
Punto de marchitez (%)		13.00
Presencia de Vertisoles con Estructura Prismática		

Nota: calicata n° 03 coordenadas utm E: 261073.191

N: 8943651.508 cota 3690 m.s.n.m

Elaboración Propia

En la tabla N°22, Según la Fao un terreno apto para el cultivo de alfalfa debe tener Arena 40%, Limo 40%, Arcilla 20%, La clase ideal de suelo para agricultura se conoce como suelo *franco* por tal motivo, se debe mejorar la calidad de terreno agregando la materia orgánica, como el compost o el estiércol, puede mejorar cualquier tipo de suelo, construyendo la estructura del mismo y su capacidad para retener el agua. Es rica en nutrientes y ayudan a incrementar el pH de los suelos arenosos ácidos. De tal manera logramos terrenos para el cultivo esponjosos y aireados

Tabla 23.*Propiedades Físicas de los Calicata N°04*

Descripción		Valor
textura	Arena %	54
	Limo %	25
	Arcilla %	21
Clase de textura		Franco Arcillo Arenoso
Densidad Aparente gr/cm ³		1.21
Densidad real gr/cm ³		2.46
Capacidad de campo (%)		36.00
Punto de marchitez (%)		15.00
Presencia de Vertisoles con Estructura Prismática		

Nota: calicata N° 04 coordenadas utm E: 261241.002

N: 8943533.570 cota 3587 m.s.n.m.

Elaboración Propia

En la tabla N°23, Según la Fao un terreno apto para el cultivo de alfalfa debe tener Arena 40%, Limo 40%, Arcilla 20%, La clase ideal de suelo para agricultura se conoce como suelo *franco* por tal motivo, se debe mejorar la calidad de terreno agregando la materia orgánica, como el compost o el estiércol, puede mejorar cualquier tipo de suelo, construyendo la estructura del mismo y su capacidad para retener el agua. Es rica en nutrientes y ayudan a incrementar el pH de los suelos arenosos ácidos. De tal manera logramos terrenos para el cultivo esponjosos y aireados

Tabla 24.*Propiedades Físicas de los Calicata N°05*

Descripcion		Valor
textura	Arena %	54
	Limo %	28
	Arcilla %	18
Clase de textura		Franco Arenoso
Densidad Aparente gr/cm ³		1.42
Densidad real gr/cm ³		2.5
Capacidad de campo (%)		37.00
Punto de marchitez (%)		11.00
Presencia de Vertisoles con Estructura Prismática		

Nota: calicata N° 05 coordenadas utm E: 261229.251

N: 8943254.397 cota 3603 m.s.n.m.

Elaboración Propia

En la tabla N°24, Según la Fao un terreno apto para el cultivo de alfalfa debe tener Arena 40%, Limo 40%, Arcilla 20%, La clase ideal de suelo para agricultura se conoce como suelo *franco* por tal motivo, se debe mejorar la calidad de terreno agregando la materia orgánica, como el compost o el estiércol, puede mejorar cualquier tipo de suelo, construyendo la estructura del mismo y su capacidad para retener el agua. Es rica en nutrientes y ayudan a incrementar el pH de los suelos arenosos ácidos. De tal manera logramos terrenos para el cultivo esponjosos y aireados

Tabla 25.*Propiedades Físicas de las Calicata N°06*

Descripción		Valor
textura	Arena %	56
	Limo %	23
	Arcilla %	21
Clase de textura	Franco Arcillo Arenoso	
Densidad Aparente gr/cm ³		1.35
Densidad real gr/cm ³		2.5
Capacidad de campo (%)		32.00
Punto de marchitez (%)		13.00
Presencia de Vertisoles con Estructura Prismática		

Nota: calicata N° 06 coordenadas utm E: 261297.260

N: 8942994.059 cota 3604 m.s.n.m.

Elaboración Propia

En la tabla N°24, Según la Fao un terreno apto para el cultivo de alfalfa debe tener Arena 40%, Limo 40%, Arcilla 20%, La clase ideal de suelo para agricultura se conoce como suelo *franco* por tal motivo, se debe mejorar la calidad de terreno agregando la materia orgánica, como el compost o el estiércol, puede mejorar cualquier tipo de suelo, construyendo la estructura del mismo y su capacidad para retener el agua. Es rica en nutrientes y ayudan a incrementar el pH de los suelos arenosos ácidos. De tal manera logramos terrenos para el cultivo esponjosos y aireados

De 6 parcelas tomadas completamente al azar y de manera aleatoria. Las cuales fueron trasladadas al Laboratorio de Suelos y Agua de Facultad de Ciencias Agrarias-UNASAM. (Ver anexo N°01).

Tabla 26.*Propiedades Químicas de la Calicata N°01*

Descripción	pH	Materia Orgánica (%)	Nitrógeno (%)	Fosforo (ppm)	Potasio (ppm)	Conductividad Eléctrica
Valor	6.61	5.896	0.295	24	98	0.574

Cationes Cambiables						
Descripción	Ca^{+2} me/100gr	Mg^{+2} me/100gr	K^{+} me/100gr	Na^{+} me/100gr	$H + Al^{+}$ me/100gr	CIC me/100gr
Valor	11.57	1.73	0.18	0.16	0	13.64

Aniones				
Descripción	$CaCO_3^{+2}$ me/100gr	SO_4^{-} me/100gr	Cl^{-} me/100gr	Suma me/100gr
Valor	0	0.23	0.85	1.08

Elaboración Propia

En la tabla N°26, se presenta el análisis químico de los suelos mediante la metodología estándar normalmente utilizada en las cuales se observa los siguientes parámetros correspondiente a la calicata N°01: pH 6.61, materia orgánica 5.896 %, nitrógeno 0.295 %, fosforo 24 ppm, potasio 98 ppm, conductividad eléctrica 0.574 , Ca 11.57 me/100gr, Mg 1.73 me/100gr, k 0.72 me/100gr, Na 0.16 me/100gr, H+ Al 0 me/100gr, CIC 13.64 me/100gr, de tal manera la muestra se caracteriza por tener una reacción ligeramente acida, rica en materia orgánica y en nitrógeno, medianamente rico en fosforo y pobre en potasio, no tiene problema de salinidad

Tabla 27,

Propiedades Químicas de la Calicata N°02

Descripción	pH	Materia Orgánica (%)	Nitrógeno (%)	Fosforo (ppm)	Potasio (ppm)	Conductividad Eléctrica
Valor	6.95	0.603	0.03	16	79	0.414

Cationes Cambiables						
Descripción	Ca ⁺² me/100gr	Mg ⁺² me/100gr	K ⁺ me/100gr	Na ⁺ me/100gr	H + Al ⁺ me/100gr	CIC me/100gr
Valor	15.54	1.49	0.12	0.13	0	17.88

Aniones				
Descripción	CaCO ₃ ⁺² me/100gr	SO ₄ ⁻ me/100gr	Cl ⁻ me/100gr	Suma me/100gr
Valor	0	0.13	0.75	0.87

Elaboración Propia

En la tabla N°27, se presenta el análisis químico de los suelos mediante la metodología estándar normalmente utilizada en las cuales se observa los siguientes parámetros correspondiente a la calicata N°02: pH 6.95, materia orgánica 0.603 %, nitrógeno 0.03 %, fosforo 16 ppm, potasio 79 ppm, conductividad eléctrica 0.414 , Ca 15.54 me/100gr, Mg 1.49 me/100gr, K 0.12 me/100gr, Na 0.13 me/100gr, H+ Al 0 me/100gr, CIC 17.88 me/100gr, de tal manera la muestra se caracteriza por tener una reacción neutra, pobre en materia orgánica y en nitrógeno, medianamente rico en fosforo y pobre en potasio, no tiene problema de salinidad.

Tabla 28.

Propiedades Químicas de la Calicata N°03

Descripción	pH	Materia Orgánica (%)	Nitrógeno (%)	Fosforo (ppm)	Potasio (ppm)	Conductividad Eléctrica
Valor	6.75	3.35	0.168	20	100	0.459

Cationes Cambiables						
Descripción	Ca ⁺² me/100gr	Mg ⁺² me/100gr	K ⁺ me/100gr	Na ⁺ me/100gr	H + Al ⁺ me/100gr	CIC me/100gr
Valor	14.02	1.49	0.14	0.1	0	15.75

Aniones				
Descripción	CaCO ₃ ⁺² me/100gr	SO ₄ ⁻ me/100gr	Cl ⁻ me/100gr	Suma me/100gr
Valor	0	0.14	1	1.14

Elaboración Propia

En la tabla N°28, se presenta el análisis químico de los suelos mediante la metodología estándar normalmente utilizada en las cuales se observa los siguientes parámetros correspondiente a la calicata N°03: pH 6.75, materia orgánica 3.35 %, nitrógeno 0.168 %, fosforo 20 ppm, potasio 100 ppm, conductividad eléctrica 0.459 , Ca 14.02 me/100gr, Mg 1.49 me/100gr, K 0.14 me/100gr, Na 0.1 me/100gr, H+ Al 0 me/100gr, CIC 15.75 me/100gr, de tal manera la muestra se caracteriza por tener una reacción neutra, rica en materia orgánica y en nitrógeno, medianamente rico en fosforo y pobre en potasio, no tiene problema de salinidad.

Tabla 29.*Propiedades Químicas de la Calicata N°04*

Descripción	pH	Materia Orgánica (%)	Nitrógeno (%)	Fosforo (ppm)	Potasio (ppm)	Conductividad Eléctrica
Valor	7.3	2.412	0.121	21	63	0.339

Cationes Cambiables						
Descripción	Ca ⁺² me/100gr	Mg ⁺² me/100gr	K ⁺ me/100gr	Na ⁺ me/100gr	H + Al ⁺ me/100gr	CIC me/100gr
Valor	14.21	1.51	0.1	0.16	0	15.98

Aniones				
Descripción	CaCO ₃ ⁺² me/100gr	SO ₄ ⁻ me/100gr	Cl ⁻ me/100gr	Suma me/100gr
Valor	0	0.09	0.8	0.89

Elaboración Propia

En la tabla N°29, se presenta el análisis químico de los suelos mediante la metodología estándar normalmente utilizada en las cuales se observa los siguientes parámetros correspondiente a la calicata N°04: pH 7.3, materia orgánica 2.412 %, nitrógeno 0.121 %, fosforo 21 ppm, potasio 63 ppm, conductividad eléctrica 0.339 , Ca 14.21 me/100gr, Mg 1.51 me/100gr, K 0.1 me/100gr, Na 0.16 me/100gr, H+ Al 0 me/100gr, CIC 15.98 me/100gr, de tal manera la muestra se caracteriza por tener una reacción neutra, pobre en materia orgánica y en nitrógeno, medianamente rico en fosforo y pobre en potasio, no tiene problema de salinidad.

Tabla 30.*Propiedades Químicas de las Calicata N°05*

Descripción	pH	Materia Orgánica (%)	Nitrógeno (%)	Fosforo (ppm)	Potasio (ppm)	Conductividad Eléctrica
Valor	6.68	1.474	0.074	19	66	0.262

Cationes Cambiables						
Descripción	Ca^{+2} me/100gr	Mg^{+2} me/100gr	K^{+} me/100gr	Na^{+} me/100gr	$H + Al^{+}$ me/100gr	CIC me/100gr
Valor	14	1.57	0.1	0.12	0	15.79

Aniones				
Descripción	$CaCO_3^{+2}$ me/100gr	SO_4^{-} me/100gr	Cl^{-} me/100gr	Suma me/100gr
Valor	0	0.16	0.75	0.91

Fuente Elaboración Propia

En la tabla N°30, se presenta el análisis químico de los suelos mediante la metodología estándar normalmente utilizada en las cuales se observa los siguientes parámetros correspondiente a la calicata N°05: pH 6.68, materia orgánica 1.474%, nitrógeno 0.074 %, fosforo 19 ppm, potasio 66 ppm, conductividad eléctrica 0.262, Ca 14.0 me/100gr, Mg 1.57 me/100gr, K 0.1 me/100gr, Na 0.12 me/100gr, H+ Al 0 me/100gr, CIC 15.79 me/100gr, de tal manera la muestra se caracteriza por tener una reacción neutra, rica en materia orgánica y en nitrógeno, medianamente rico en fosforo y pobre en potasio, no tiene problema de salinidad.

Tabla 31.*Propiedades Químicas de las Calicata N°06*

Descripción	pH	Materia Orgánica (%)	Nitrógeno (%)	Fosforo (ppm)	Potasio (ppm)	Conductividad Eléctrica
Valor	6.61	1.675	0.084	17	69	0.392

Cationes Cambiables						
Descripción	Ca^{+2} me/100gr	Mg^{+2} me/100gr	K^{+} me/100gr	Na^{+} me/100gr	$H + Al^{+}$ me/100gr	CIC me/100gr
Valor	13.94	1.29	0.06	0.17	0	15.39

Aniones				
Descripción	CO_3^{+2} me/100gr	SO_4^{-} me/100gr	Cl^{-} me/100gr	Suma me/100gr
Valor	0	0.2	0.65	0.85

Elaboración Propia

En la tabla N°31, se presenta el análisis químico de los suelos mediante la metodología estándar normalmente utilizada en las cuales se observa los siguientes parámetros correspondiente a la calicata N°06: pH 6.61, materia orgánica 1.675%, nitrógeno 0.084 %, fosforo 17 ppm, potasio 69 ppm, conductividad eléctrica 0.392, Ca 13.94 me/100gr, Mg 1.29 me/100gr, K 0.06 me/100gr, Na 0.17 me/100gr, H+ Al 0 me/100gr, CIC 15.39 me/100gr, de tal manera la muestra se caracteriza por tener una reacción ligeramente acida, pobre en materia orgánica y en nitrógeno, se caracteriza por tener una reacción ligeramente acida, pobre en materia orgánica y en nitrógeno,

.2 Resultados y Discusiones del Objetivo 2

Se obtuvieron las muestras alteradas mediante el método Volumétrico el cual fue llevada al laboratorio de Suelos y Agua de Facultad de Ciencias Agrarias-UNASAM. (Ver anexo N°02).

4.2.1 Propiedades físicas del agua.

Características físicas del agua que se observó in situ se determinó, un líquido inodoro e insípido; incoloro y transparente.

4.2.2 Propiedades químicas del agua.

Tabla 32.

Parámetros químicos de la calidad de agua para riego químicas del agua

PH		6.02
C.E	dS/m	0.31
Calcio	me/l	1.49
Magnesio	me/l	0.23
Potasio	me/l	0.04
Sodio	me/l	0.03
SUMA DE CATIONES		
Nitrato	me/l	ND
Carbonatos	me/l	0.00
Bicarbonatos	me/l	0
Sulfatos	me/l	0.19
Cloruros	me/l	0.48
SUMA DE ANIONES		
Sodio	%	1.68
RAS		0.03
Boro	ppm	ND
Clasificación		C ₂ S ₁

La interpretación de los resultados del laboratorio del análisis de agua para riego se realiza según lo establecido en la tabla N°11 de la FAO:

✓ *Potencia de hidrogeno (pH):*

El valor obtenido del laboratorio es 6.02, la cual se encuentra entre los valores 6.0 – 7.5, lo que se considera que los nutrientes de las plantas en general presentan su máxima solubilidad en este intervalo.

✓ *Conductividad Eléctrica (CE):*

El valor obtenido del laboratorio es 0.31ds/m, la cual se encuentra entre los valores 0.0 – 3.0, de los valores dados se concluye que el agua es apto para el riego.

✓ *Calcio (Ca):*

El valor obtenido del laboratorio es 1.49 me/l, la cual se encuentra entre los valores 0.0 – 20.0, de los valores dados se concluye que el agua es apto para el riego.

✓ *Magnesio (Mg):*

El valor obtenido del laboratorio es 0.23 me/l, la cual se encuentra entre los valores 0.0 – 5.0, de los valores dados se concluye que el agua es apto para el riego.

✓ *Potasio (k):*

El valor obtenido del laboratorio es 0.04 me/l, la cual se encuentra entre los valores 0.0 – 40.0, de los valores dados se concluye que el agua es apto para el riego.

✓ *Sodio (Na):*

El valor obtenido del laboratorio es 0.03 me/l, la cual se encuentra entre los valores 0.0 – 2.0, de los valores dados se concluye que el agua es apto para el riego.

✓ *Nitrato (N03):*

Si bien es cierto no se ha realizado un estudio concreto del agua de la quebrada Vilcabamba sobre si podría contener nitrato, sin embargo a los largo de los años (50 años)

dicha agua a sido utilizada indiscriminadamente para el riego obteniéndose buenas cosechas y a la fecha no se evidencia que dichos productos no sean aptos para el consumo humano y/o que contengan componente toxico.

✓ **Carbonatos (CO₃):**

El valor obtenido del laboratorio es 0.00 me/l, la cual se encuentra entre los valores 0.0 – 0.1, de los valores dados se concluye que el agua es apto para el riego.

✓ **Bicarbonatos (HCO₃):**

El valor obtenido del laboratorio es 0.00 me/l, la cual se encuentra entre los valores 0.0 – 10.0, de los valores dados se concluye que el agua es apto para el riego.

✓ **Sulfatos (SO₄):**

El valor obtenido del laboratorio es 0.19 me/l, la cual se encuentra entre los valores 0.0 – 30.0, de los valores dados se concluye que el agua es apto para el riego.

✓ **Cloruros (Cl)**

El valor obtenido del laboratorio es 0.19 me/l, la cual se encuentra entre los valores 0.0 – 30.0, de los valores dados se concluye que el agua es apto para el riego.

✓ **Sodio (Na):**

El valor obtenido del laboratorio es 1.68 me/l, la cual se encuentra entre los valores 0.0 – 40.0, de los valores dados se concluye que el agua es apto para el riego.

✓ **RAS**

El valor obtenido del laboratorio es 0.03, de los valores dados se concluye que el agua es apto para el riego.

✓ **Boro**

Si bien es cierto no se ha realizado un estudio concreto del agua de la quebrada Vilcabamba sobre si podría contener boro, sin embargo a los largo de los años (50 años) El boro está presente en el agua como ácido bórico H₃BO₃ y borato H₃BO₂⁻. La especie

de boro predominante depende del pH del agua, el riego obteniéndose buenas cosechas y a la fecha no se evidencia que dichos productos no sean aptos para el consumo humano y/o que contengan componente tóxico.

✓ **Clasificación C₂S₁**

La interpretación de los resultados del laboratorio del análisis de agua para riego se realiza según lo establecido en la figura N°16 *Normas de Riverside para Evaluar la Calidad de las Aguas de Riego. (U.S. Soild Salinity Laboratory)* de los valores dados se concluye que el agua de buena calidad apto para el riego.

4.3 Resultados y Discusiones del Objetivo 3

4.3.1 Diseño.

En el anexo N°16 Se observa el requerimiento hídrico para el centro poblado de Catayoc, considerándose el área de riego de 22.77 hectáreas. Las cuales son base para el diseño del sistema de riego por aspersión, así mismo indica la demanda la oferta y demanda del requerimiento del cultivo de alfalfa de la zona en investigación, con el propósito de satisfacer el requerimiento la necesidad hídrica del cultivo y por ende mejorar e incrementar sus ingresos económicas de las 72 familias asentadas en el centro poblado de Catayoc

En el anexo N°17 Referente a la velocidad de infiltración se observa que tiene 2.50 cm/hr la cual corresponde a suelo franco arcilloso arenoso considerándose dicha velocidad satisfactorio para el tipo de suelo y de esa manera satisfacer la lamina de agua a regar. La velocidad de infiltración se utiliza con el propósito del *diseño del aspersor tipo VYR-66* y de esa manera garantizar para satisfacer la capacidad de campo de la alfalfa y evitar acumulación de agua o encharcamientos.

Del Anexo N°18 se realizó el diseño agronómico que representa la primera fase del procedimiento de diseño de cualquier tipo de riego, con el que se determina la cantidad de agua que ha de transportar la instalación, correspondiente a las necesidades brutas de riego en las épocas de máxima necesidad. La cual se ha utilizado para determinar los valores

- Lamina Neta $L = 15.39 \dots \text{cm}$
- Lamina real o Bruta $L_b = 21.98 \text{ cm}$
- Intervalo de Riego ir: 25 días
- Tiempo de Riego $t = 9.0 \text{ hr}$
- Caudal requerido $Q = 56.60 \text{ lt/seg}$

Las cuales han servido para realizar el diseño hidráulico del proyecto de investigación

En el Anexo N°19 se ha realizado el diseño hidráulico para la zona de estudio el cual tiene por finalidad definir los diámetros y longitudes de las diferentes tuberías que componen el sistema (regantes, distribuidoras y conducción) bajo un criterio de optimización. El diseño hidráulico de la red parcelaria debe considerar al menos dos criterios básicos: que las secciones operen con una uniformidad de emisión mayor a 90%, y que la velocidad en las tuberías de la red parcelaria no sea mayor de 2.0 m/s. con estos parámetros se han determinado los requerimientos de los materiales del riego por aspersión tales como:

“ Válvulas de control 05 unidades , Válvulas de purga, tuberías 05 unidades , toma lateral 01 unidad, desarenador 01 unidad, tubería de diámetros variables” $l = 6,145.72 \text{ metros lines}$, hidrantes 58 unidades, línea móvil 58 unidades ”,

V. CONCLUSIONES

- Composición física del suelo: el análisis de las características físicoquímico del suelo las cuales tienen una composición promedio Arena arcillas y limo, predominando el franco arcillo arenoso.
- Composición química del suelo: se presenta el análisis químico de los suelos mediante la metodología estándar normalmente utilizada en las cuales se observa los siguientes parámetros correspondiente al promedio de las calicatas analizadas anteriormente: pH 6.61, materia orgánica 5.896 %, nitrógeno 0.295 %, fósforo 24 ppm, potasio 98 ppm, conductividad eléctrica 0.574 , Ca 11.57 me/100gr, Mg 1.73 me/100gr, K 0.72 me/100gr, Na 0.16 me/100gr, H⁺ Al 0 me/100gr, CIC 13.64 me/100gr, de tal manera la muestra se caracteriza por tener una reacción ligeramente ácida, rica en materia orgánica y en nitrógeno, medianamente rico en fósforo y pobre en potasio, no tiene problema de salinidad se encuentra de los parámetros establecidos para uso agrícola según la clasificación de Fao es decir aptos para el cultivo
- Los resultados de los parámetros físicoquímico obtenidos del laboratorio de suelos y agua de FCA se encuentra dentro de los estándares aptos para su uso en riego dichos parámetros han sido analizados con la norma establecido de la FAO que es apto para el uso de riego en el cultivo de alfalfa las cuales fueron -
- La demanda y oferta se obtuvieron los valores calculada para las 22.77 hectáreas la demanda insatisfecha es 0.99 l/s y la oferta es de 10.6 l/s, la velocidad de infiltración en el suelo para el cultivo de alfalfa es de 2.50 cm/hr, las cuales fueron para obtener el tipo de aspersor que garantizara de manera óptima el humedecimiento de la zona radicular del cultivo alfalfa. finalmente, con el diseño hidráulico se obtuvo los diámetros comerciales de la tubería PVC C-10 según la especificación de la norma técnica peruana NTP F.T.

Tubo PVCU Presión NTP 399.003 - 399.002 referido de alta presión para riego. Y todos los componentes como válvula de control,

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que los próximos trabajos referente a este mismo tema el análisis de agua para riego debe realizarse en laboratorios certificadas para garantizar los resultados de los mismos
- En vista que se requiere una topografía detallada, y considerando que en el mercado hay tecnologías recientes como los drones sería factible desarrollar con estos equipos con la finalidad de garantizar la perfección del riego tecnificado en general.
- Para áreas mayores a 50 hectáreas debe realizarse calicatas cada 6 hectáreas una calicata en las zonas pobres y dichas muestras deben ser representativos, así mismo deben cumplir los protocolos de toma de muestra embolsado, traslado según el protocolo establecido.

VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Burgo M. (2013), *Sistemas de Riego Tecnificado*. Lima -Perú.

Consultado en Línea el 15/04/2013.

Bustillo Exequiel. (2013), *Pasturas y Forrajeras*. Buenos Aires – Argentina.

Consultado en línea el 15/04/2019.

COILA, C., & RAMIRO, V. (2013). Propuesta metodológica de programación de riego por aspersión mediante el tanque evaporímetro clase A-Irrigación Huaccoto-Orurillo.

Consultado el 18/04/2019.

Carbonel, R. A., Carbajal, J. A., Zorogastua, P., Telles, F. J. P., Cárdenas, E. A. V., & Valencia, M. (2018). Impacto de heladas meteorológicas y agronómicas en alfalfa (*Medicago sativa* L.) en la región Puno. In *Anales Científicos* (Vol. 79, No. 2, pp. 308-315). Universidad Nacional Agraria La Molina.

CARITAS, (2011). Desarrollo ganadero en zonas alto andinas con la introducción del cultivo de alfalfa dormante de secano, boletín pag, 15.

Delgadillo, O., & Pérez, L. (2016). Medición de la infiltración del agua en el suelo. Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua. Centro AGUA. Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Forestales Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia.

Consultado el 13/04/2020.

FERNÁNDEZ R., OYONARTE N., GARCÍA, J.(2010).Manual de Riego para Agricultores, Modulo 1 Fundamentos de Riego. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesca. Sevilla España.

Consultado el 13/04/2019.

FLORES DEL GADILLO Lourdes. (2009). Manual de Procedimientos Analíticos. Departamento de Edafología .Universidad Nacional Autónoma de México.

Consultado el 04/04/2019.

FRANCO SALAS A., URRESTARAZU PÉREZ L. Hidráulica y Riego.

Universidad de Sevilla. Sevilla–España.

Consultado el 25/04/2019.

FUENTES, Y. JOSÉ, (2003). Técnicas de Riego. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid – España.

Consultado el 22/04/2019.

HUAMANÍ JUÁREZ, A. M., & RUIZ SALAZAR, C. A. (2016). Propuesta del plan de manejo ambiental en sistemas de riego por aspersión-caso de estudio: Ucuscancha-Shullapamarca-Calzada, distrito Chicla.

Consultado el 11/04/2019.

LÓPEZ ANTONIO JORDÁN. (2005). Manual de Edafología. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola. Universidad de Sevilla, España.

Consultado el 23/04/2019.

MANEJO Y FERTILIDAD DE SUELOS, (2011). Cadena Agro productiva de Papa. Lima–Perú.

Consultado el 10/04/2013.

PROYECTO DE AUTOGESTIÓN DEL AGUA EN LA AGRICULTURA, (2005). Curso de Riego para Agricultores. Castilla la Mancha- España.

Consultado el 11/04/2019.

ROBERTO M. ALFONSO. (2012). Importancia de un buen análisis de suelos.

Consultado en línea el 18/04/2019.

RUCKS. L., GARCÍA. F., KAPLÁN. A., PONCE DE LEÓN. J., Hill.M.(2004).
Propiedades Físicas del Suelo. Facultad de Agronomía. Universidad de la Republica,
Montevideo-Uruguay.

Consultado el 18/04/2019.

SMART – FERTILEZER. (2013). Capacidad de Intercambio Catiónico.

Consultado el 18/04/2019.

Turpo Mendoza, H. L. (2017). Evaluación y Diseño de un Sistema de Riego por
Aspersión en la Comunidad Campesina Juan Velasco Alvarado del Distrito de Nuñoa-
Melgar-Puno.



USDA., (1970).UnitedStatesDepartment of Agriculture. Departament of
irrigation and technology USA 50-55 p.

DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE ESPAÑA, 1999.Oficina regante.
Gobierno de Aragón -España. (En línea).Consultado 2 sep.

VIII. ANEXOS

Anexo 1.

Resultados caracterización fisicoquímica del suelo (calicata N°01).

UNIVERSIDAD NACIONAL
“Santiago Antúnez de Mayolo”
“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
 Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN Y FÍSICOS

SOLICITA : Méndez Ortiz Dante Luis- Tesista
PROYECTO : “Caracterización Físicoquímica del Suelo y Agua con fines de Riego por Aspersión para el Cultivo de Alfalfa, en la Localidad de Vilcabamba, Huari, Ancash - 2018”
MUESTRA : Calicata -01
UBICACIÓN : Vilcabamba – Chavín de Huantar – Huari - Ancash

M. N°	Textura			Clase Textural	pH	M.O%	Nt. %	P ppm	K ppm	C.E dS/m.
	Arena	Limo	Arcilla							
661	80	16	04	Areno franco	6.61	5.896	0.295	24	98	0.574

CATIONES CAMBIABLES

Muestra N°	Ca ⁺² me/100gr.	Mg ⁺² me/100gr.	K ⁺ me/100gr.	Na ⁺ me/100gr.	H +Al me/100gr.	CIC me/100gr.
661	11.57	1.73	0.18	0.16	0.00	13.64

ANIONES


Muestra N°	Ca CO ₃ ⁼ %	SO ₄ ⁼ me/100gr.	Cl ⁻ me/100gr.	Suma me/100gr.
661	0.00	0.23	0.85	1.08

PARAMETROS FÍSICOS

Da g/cm3	Dr. g/cm3	C.C. %	P.M. %
1.10	2.46	38.00	18.00

RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES:
 La muestra es de textura areno franco, se caracteriza por tener una reacción ligeramente ácida, rica en materia orgánica y en nitrógeno, medianamente rico en fósforo y pobre en potasio, no tiene problema de salinidad.

Huaraz, 22 de Noviembre del 2018



Ing. M.Sc. Guillermo Castilla Romero
 JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS

Anexo 2.

Resultados caracterización fisicoquímica del suelo (calicata N°02).



UNIVERSIDAD NACIONAL
“Santiago Antúnez de Mayolo”
“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
 Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN Y FÍSICOS

SOLICITA : Méndez Ortiz Dante Luis- Tesista
PROYECTO : “Caracterización Físicoquímica del Suelo y Agua con fines de Riego por Aspersión para el Cultivo de Alfalfa, en la Localidad de Vilcabamba, Huari, Ancash - 2018”
MUESTRA : Calicata -02
UBICACIÓN : Vilcabamba – Chavín de Huantar – Huari - Ancash

M. N°	Textura			Clase Textural	pH	M.O%	Nt. %	P ppm	K ppm	C.E dS/m.
	Arena	Limo	Arcilla							
662	54	23	23	Franco arcillo arenoso	6.95	0.603	0.030	16	79	0.414

CACIONES CAMBIABLES

Muestra N°	Ca ⁺² me/100gr.	Mg ⁺² me/100gr.	K ⁺ me/100gr.	Na ⁺ me/100gr.	H + Al me/100gr.	CIC me/100gr.
662	15.54	1.49	0.12	0.13	0.00	17.88

ANIONES

Muestra N°	Ca CO ₃ ⁻ %	SO ₄ ⁻ me/100gr.	Cl ⁻ me/100gr.	Suma me/100gr.
662	0.00	0.12	0.75	0.87

PARAMETROS FÍSICOS

Da g/cm3	Dr. g/cm3	C.C. %	P.M. %
1.42	2.59	32.00	13.00

RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES:
 La muestra es de textura franco arcillo arenoso, se caracteriza por tener una reacción neutra, pobre en materia orgánica y en nitrógeno, medianamente rico en fósforo y pobre en potasio, no tiene problema de salinidad.

Huaraz, 22 de Noviembre del 2018



Anexo 3.

Resultados caracterización fisicoquímica del suelo (calicata N°03).



UNIVERSIDAD NACIONAL
"Santiago Antúnez de Mayolo"
"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
 Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN Y FÍSICOS

SOLICITA : Méndez Ortiz Dante Luís- Tesista
PROYECTO : "Caracterización Físicoquímica del Suelo y Agua con fines de Riego por Aspersión para el Cultivo de Alfalfa, en la Localidad de Vilcabamba, Huarí, Ancash - 2018"
MUESTRA : Calicata -03
UBICACIÓN : Vilcabamba – Chavín de Huantar – Huarí - Ancash

M. N°	Textura			Clase Textural	pH	M.O%	Nt. %	P ppm	K ppm	C.E dS/m.
	Arena	Limo	Arcilla							
663	78	14	08	Franco arenoso	6.75	3.350	0.168	20	100	0.459

CACIONES CAMBIABLES

Muestra N°	Ca ⁺² me/100gr.	Mg ⁺² me/100gr.	K ⁺ me/100gr.	Na ⁺ me/100gr.	H + Al me/100gr.	CIC me/100gr.
663	14.02	1.49	0.14	0.10	0.00	15.75

ANIONES

Muestra N°	Ca CO ₃ %	SO ₄ me/100gr.	Cl me/100gr.	Suma me/100gr.
663	0.00	0.14	1.00	1.14

PARAMETROS FÍSICOS

Da g/cm3	Dr. g/cm3	C.C. %	P.M. %
1.32	2.48	32.00	13.00

RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES:

La muestra es de textura franco arenoso, se caracteriza por tener una reacción neutra, medianamente rica en materia orgánica y en nitrógeno, medianamente rico en fósforo y pobre en potasio, no tiene problema de salinidad.

Huaraz, 22 de Noviembre del 2018

Ing. M.Sc. Guillermo Castillo Romero
 JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS

Anexo 4.

Resultados caracterización físicoquímica del suelo (calicata N°04).



UNIVERSIDAD NACIONAL
“Santiago Antúnez de Mayolo”
“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
 Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN Y FÍSICOS

SOLICITA : Méndez Ortiz Dante Luis- Tesista
PROYECTO : “Caracterización Físicoquímico del Suelo y Agua con fines de Riego por Aspersión para el Cultivo de Alfalfa, en la Localidad de Vilcabamba, Huari, Ancash - 2018”
MUESTRA : Calicata -04
UBICACIÓN : Vilcabamba – Chavin de Huantar – Huari - Ancash

M. N°	Textura			Clase Textural	pH	M.O%	Nt. %	P ppm	K ppm	C.E dS/m.
	Arena	Limo	Arcilla							
661-a	54	25	21	Franco arcillo arenoso	7.30	2.412	0.121	21	63	0.339

CACIONES CAMBIABLES

Muestra N°	Ca ⁺² me/100gr.	Mg ⁺² me/100gr.	K ⁺ me/100gr.	Na ⁺ me/100gr.	H + Al me/100gr.	CIC me/100gr.
661-a	14.21	1.51	0.10	0.16	0.00	15.98

ANIONES

Muestra N°	Ca CO ₃ %	SO ₄ ⁼ me/100gr.	Cl ⁻ me/100gr.	Suma me/100gr.
661-a	0.00	0.09	0.80	0.89

PARAMETROS FÍSICOS

Da g/cm3	Dr. g/cm3	C.C. %	P.M. %
1.21	2.46	36.00	15.00

RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES:

La muestra es de textura franco arcillo arenoso, se caracteriza por tener una reacción neutra, medianamente rica en materia orgánica y en nitrógeno, medianamente rico en fósforo y pobre en potasio, no tiene problema de salinidad.

Huaraz, 22 de Noviembre del 2018


 F.C.A. Ing. M.Sc. Guillermo Castillo Romero
 JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS

Anexo 5.

Resultados caracterización físicoquímica del suelo (calicata N°05).



UNIVERSIDAD NACIONAL
"Santiago Antúnez de Mayolo"
"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
 Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN Y FÍSICOS

SOLICITA : Méndez Ortiz Dante Luis- Tesista
PROYECTO : "Caracterización Físicoquímico del Suelo y Agua con fines de Riego por Aspersión para el Cultivo de Alfalfa, en la Localidad de Vilcabamba, Huari, Ancash - 2018"
MUESTRA : Calicata -05
UBICACIÓN : Vilcabamba – Chavín de Huantar – Huari - Ancash

M. N°	Textura			Clase Textural	pH	M.O%	Nt. %	P ppm	K ppm	C.E dS/m.
	Arena	Limo	Arcilla							
662-a	54	28	18	Franco arenoso	6.68	1.474	0.074	19	66	0.262

CATIONES CAMBIABLES

Muestra N°	Ca ⁺² me/100gr.	Mg ⁺² me/100gr.	K ⁺ me/100gr.	Na ⁺ me/100gr.	H+Al me/100gr.	CIC me/100gr.
662-a	14.00	1.57	0.10	0.12	0.00	15.79

ANIONES

Muestra N°	Ca CO ₃ %	SO ₄ ⁻ me/100gr.	Cl ⁻ me/100gr.	Suma me/100gr.
662-a	0.00	0.16	0.75	0.91

PARAMETROS FÍSICOS

Da g/cm3	Dr. g/cm3	C.C. %	P.M. %
1.42	2.50	27.00	11.00

RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES:

La muestra es de textura franco arenoso, se caracteriza por tener una reacción neutra, pobre en materia orgánica y en nitrógeno, medianamente rico en fósforo y pobre en potasio, no tiene problema de salinidad.

Huaraz, 22 de Noviembre del 2018




Anexo 6.

Resultados caracterización fisicoquímica del suelo (calicata N°06).



UNIVERSIDAD NACIONAL
“Santiago Antúnez de Mayolo”
“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
 Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN Y FÍSICOS

SOLICITA : Méndez Ortiz Dante Luís- Tesista
PROYECTO : “Caracterización Físicoquímico del Suelo y Agua con fines de Riego por Aspersión para el Cultivo de Alfalfa, en la Localidad de Vilcabamba, Huari, Ancash - 2018”
MUESTRA : Calicata -06
UBICACIÓN : Vilcabamba – Chavín de Huantar – Huari - Ancash

M. N°	Textura			Clase Textural	pH	M.O%	Nt. %	P ppm	K ppm	C.E dS/m.
	Arena	Limo	Arcilla							
663-a	56	23	21	Franco arcillo arenoso	6.61	1.675	0.084	17	69	0.392

CACIONES CAMBIABLES

Muestra N°	Ca ⁺² me/100gr.	Mg ⁺² me/100gr.	K ⁺ me/100gr.	Na ⁺ me/100gr.	H +Al me/100gr.	CIC me/100gr.
663-a	13.94	1.29	0.06	0.17	0.00	15.39

ANIONES

Muestra N°	Ca CO ₃ %	SO ₄ ⁼ me/100gr.	Cl ⁻ me/100gr.	Suma me/100gr.
663-a	0.00	0.20	0.65	0.85

PARAMETROS FÍSICOS

Da g/cm3	Dr. g/cm3	C.C. %	P.M. %
1.35	2.50	32.00	13.00

RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES:
 La muestra es de textura franco arcillo arenoso, se caracteriza por tener una reacción ligeramente ácida, pobre en materia orgánica y en nitrógeno, medianamente rico en fósforo y pobre en potasio, no tiene problema de salinidad.

Huaraz, 22 de Noviembre del 2018



Anexo 7.

Resultados de Análisis de Agua



UNIVERSIDAD NACIONAL
“Santiago Antúnez de Mayolo”
“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
 Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE AGUAS

SOLICITA : Méndez Ortiz Dante Luis- Tesista
PROYECTO : “Caracterización Físicoquímico del Suelo y Agua con fines de Riego por Aspersión para el Cultivo de Alfalfa, en la Localidad de Vilcabamba, Huari, Ancash - 2018”
MUESTRA : Canal Vilcabamba
UBICACIÓN : Vilcabamba – Chavín de Huantar – Huari - Ancash

Nº MUESTRA	664	
TIPO	Riego	
pH	6.02	
C.E.	dS/m	0.31
Calcio	me/l	1.49
Magnesio	me/l	0.23
Potasio	me/l	0.04
Sodio	me/l	0.03 ^{0.19}
SUMA DE CATIONES		1.79 ^{1.95}
Nitratos	me/l	ND
Carbonatos	me/l	0.00
Bicarbonatos	me/l	0.00
Sulfatos	me/l	0.19
Cloruros	me/l	0.48
SUMA DE ANIONES		0.67
Sodio	%	1.68 ^{9.24}
RAS		0.68 ^{0.20}
Boro	ppm	N.D
Clasificación		C ₂ S ₁

Na mg%
RAS = $\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}$
0.92

- N.D. (NO DETERMINADO)

CONCLUSIONES: La muestra se caracteriza por tener una reacción ligeramente ácida, se encuentra ubicado en la clase (C₂ S₁), (ver tabla de Interpretación).

Huaraz, 22 de Noviembre del 2018



[Signature]
 Ing. M.Sc. Guillermo Castillo Romero
 JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS

Anexo 8.

Cedula y calendario de cultivo

CULTIVO	AREA		MESES DEL AÑO												CAMPAÑAS (Has)		CULTIVO RORACION
	(Has)	(%)	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	PRIMERA	SEGUNDA	
ALFALFA	22.77	100.0%	22.77 0.90	22.77 0.90	22.77 0.90	22.77 0.90	22.77 0.87	22.77 0.94	22.77 1.05	22.77 1.03	22.77 0.92	22.77 0.90	22.77 0.90	22.77 0.90	0	0	ALFALFA
TOTAL	22.77	100%	22.77	22.77	22.77	22.77	22.77	22.77	22.77	22.77	22.77	22.77	22.77	22.77	0	0	TOTAL
PORCENTAJE	100%		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%	PORCENTAJE
	Kc ponderado		0.90	0.90	0.90	0.90	0.87	0.94	1.05	1.03	0.92	0.90	0.90	0.90			

Elaboración Propia

Anexo 9.*Precipitación total mensual*

AÑO	ENE	FEB	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1998	160.9	127.4	151.8	41.2	12.2	4.6	0	4.2	10.9	58.2	66.7	38.9
1999	118.3	239.2	113.8	98.3	34.8	13.7	5.7	3.6	70.1	51	92.5	93.5
2000	75.4	124.1	112.7	100.3	34.8	11.3	6.3	34.4	24.1	13.4	40.8	85.5
2001	124.6	63.6	133.4	37.1	38.3	5.5	5.1	6.9	35.1	76.6	99.1	90.4
2002	56.7	82.5	132.4	69.6	17.1	1.8	27.7	2.6	18.5	87.3	96.8	85
2003	44.5	63	104.6	51.8	25.8	7.1	1.9	15.3	15.2	29.9	57.9	147
2004	33.3	80.7	53.8	22.5	12.2	12.2	21.2	5	38.2	89.4	87	93.2
2005	57.8	69.3	84	37.4	21.6	1.9	0.8	4.1	15.4	80.6	39.8	95.5
2006	77.9	95.5	147.3	83.5	9.3	48.1	6.8	7.1	40.6	67.4	104	119.1
2007	85.7	30	132.1	103.8	22.2	0.9	6	6.9	18.5	111.1	65.3	72.7
prom	83.5	97.5	116.6	64.6	22.8	10.7	8.2	9.0	28.7	66.5	75.0	92.1

Fuente: Senami estación: Chavin/ 000445/dre-04

Anexo 10.

Distribución de frecuencias (ordenados de > a < ene - dic)

AÑO	m	FREC(%)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1998	1	9.09	160.90	239.2	151.8	103.8	38.3	48.1	27.7	34.4	70.1	111.1	104	147
1999	2	18.18	124.6	127.4	147.3	100.3	34.8	13.7	21.2	15.3	40.6	89.4	99.1	119.1
2000	3	27.27	118.3	124.1	133.4	98.3	34.8	12.2	6.8	7.1	38.2	87.3	96.8	95.5
2001	4	36.36	85.7	95.5	132.4	83.5	25.8	11.3	6.3	6.9	35.1	80.6	92.5	93.5
2002	5	45.45	77.9	82.5	132.1	69.6	22.2	7.1	6	6.9	24.1	76.6	87	93.2
2003	6	54.55	75.4	80.7	113.8	51.8	21.6	5.5	5.7	5	18.5	67.4	66.7	90.4
2004	7	63.64	57.8	69.3	112.7	41.2	17.1	4.6	5.1	4.2	18.5	58.2	65.3	85.5
2005	8	72.73	56.7	63.6	55	37.4	12.2	1.9	1.9	4.1	15.4	51	57.9	85
2006	9	81.82	44.5	63	84	37.1	12.2	1.8	0.8	3.6	15.2	29.9	40.8	72.7
2007	10	90.91	33.3	30	53.8	22.5	9.3	0.9	0	2.6	10.9	13.4	39.8	38.9
Prec.tot. mensual al 75%			53.65	63.45	62.25	37.33	12.20	1.88	1.63	3.98	15.35	45.73	53.63	81.93
Precip.efectiva (mm)			45.03	52.30	51.19	30.60	1.97	0.00	0.00	0.00	4.07	37.41	45.08	65.65

Elaboración Propia

Anexo 11.

interpolación del incremento de la precipitación

ENE		FEB		MAR		ABR		MAY		JUN	
55.00	0.90	80.00	0.82	80.00	0.82	55.00	0.90	30.00	0.95	5.00	0.00
53.65	0.90	63.45	0.87	62.25	0.88	37.33	0.94	12.20	0.27	1.88	0.00
30.00	0.95	55.00	0.90	55.00	0.90	30.00	0.95	5.00	0.00	0.00	0.00
JUL		AGO		SEP		OCT		NOV		DIC	
5.00	0.00	5.00	0.00	30.00	0.95	55.00	0.90	55.00	0.90	105.00	0.65
1.63	0.00	3.98	0.00	15.35	0.39	45.73	0.92	53.63	0.90	81.93	0.81
0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	30.00	0.95	30.00	0.95	80.00	0.82

Elaboración Propia

Anexo 12.

Distribución de la precipitación efectiva según Warter Power Service (WPS-USA)

precipitación (mm)	efectiva %
5.00	0.00
30.00	0.95
55.00	0.90
80.00	0.82
105.00	0.65
130.00	0.45
155.00	0.25
155.00	0.05

Elaboración Propia

Anexo 13.

Humedad relativa media mensual (%)

AÑO	ENE	FEB	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1998	84.5	84.9	86	84.9	82.4	82.3	82.7	81	79.4	82.4	82.9	82.9
1999	82.6	84.8	83.3	86.1	83.5	83.1	83.1	82.1	83.5	83.9	83.9	82.8
2000	83.7	84	85.8	85.6	84.7	82.9	83.5	82.6	73.7	60.9	56.2	69.5
2001	74.8	74.8	76.3	75.6	72.2	67	55.5	47.7	57.8	60.7	71.4	63
2002	61.1	70.1	75.7	72.7	63.5	53.3	54.1	46.4	51.6	65.1	72.1	69.5
2003	68.6	65.8	71.9	70.6	66.7	51.5	49.9	47	48.8	53.9	59.2	72
2004	53.9	72.2	74.6	64.7	57.4	55.7	57.1	50.7	63.3	65	67.7	70.5
2005	72.6	68	79.1	73.5	59.1	51.6	47.2	51.1	54.1	65.4	52.6	72.2
2006	71	76	83.5	80.6	68.4	64.9	53.8	55.4	56.3	67	74.3	77
2007	73.1	65.6	79.9	77.5	65.9	65.4	55.2	58.5	63.8	70	65.6	63.5
prom	72.6	74.6	79.6	77.2	70.4	65.8	62.2	60.3	63.2	67.4	68.6	72.3

Fuente: Senami estación: Chavin/ 000445/dre-04

Anexo 14.*Temperatura media mensual (c°)*

AÑO	ENE	FEB	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1998	13.4	13.5	13.2	14.1	13.6	13	12.3	13.5	13.8	13.8	14.1	13.6
1999	12.7	11.5	11.5	11.2	11.1	11.6	11.6	12.4	12.2	11.7	12.9	12.4
2000	12.2	11	11.2	10.7	11.6	12.3	12.4	12.9	13.6	13.9	13.9	13
2001	12.5	12.6	12.4	11.1	12.6	11	12.4	11.7	13.1	13.4	12.4	13.3
2002	13.1	12.6	11.6	11.5	12.2	11.1	12	12.1	13	12.3	12	12.6
2003	12.9	12.6	12	12.1	12.1	12.3	11.7	12.6	13.1	14	13.3	12.2
2004	13.6	12.2	12	12.1	13.1	11.2	11.7	11.9	11.4	12.2	12.2	12.2
2005	12.5	13.3	11.8	12	11.9	12.2	11.7	11.9	13.3	12.6	13.6	12
2006	12.2	11.8	10.9	10.9	11.1	10.7	10.8	12.2	12.4	12.7	11.8	11.5
2007	12.5	12.7	11	11.3	11.6	10	11.1	11.5	11.7	11.6	11.8	12.1
prom	12.8	12.4	11.8	11.7	12.1	11.5	11.8	12.3	12.8	12.8	12.8	12.5

Elaboración Propia

Anexo 15.

Cálculo de la evapotranspiración

FACTORES METEOROLÓGICOS				ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1.-	TEMPERATURA MEDIA MENSUAL(TM°F) (°C)			12.76	12.38	11.76	11.70	12.09	11.54	11.77	12.27	12.76	12.82	12.80	12.49
	°F = 9/5 * °C + 32 =			54.968	54.284	53.168	53.06	53.762	52.772	53.186	54.086	54.968	55.076	55.04	54.482
2.-	FACTOR DE ENERGIA SOLAR (MF) en mm/mes			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Latitud Sur	9 °		2.538	2.251	2.360	2.062	1.896	1.715	1.824	2.028	2.201	2.453	2.448	2.544
	Latitud Sur	10 °		2.567	2.266	2.357	2.043	1.864	1.679	1.789	2.003	2.191	2.462	2.473	2.577
	Latitud Sur del lugar interpolado			2.555	2.260	2.358	2.051	1.877	1.694	1.804	2.013	2.195	2.458	2.463	2.563
3.-	NUMERO DE DIAS DEL MES (DM)			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
4.-	HUMEDAD RELATIVA (HR)			72.59	74.62	79.61	77.18	70.38	65.77	62.21	60.25	63.23	67.43	68.59	72.29
5.-	FACT.CORR.Hº Rº CH=0.166*(100-HR)^0.5			0.87	0.84	0.75	0.79	0.90	0.97	1.00	1.00	1.00	0.95	0.93	0.87
6.-	FACTOR DE ALTURA CE=1+ 0.04*h/2000			1.065	1.065	1.065	1.065	1.065	1.065	1.065	1.065	1.065	1.065	1.065	1.065
7.-	ETP CORREGIDO ETP = MF*TMF*CH*CE = mm/mes			129.94	109.21	100.06	91.87	97.07	92.43	102.12	115.93	128.46	136.55	134.24	129.91

Elaboración Propia

Anexo 16.

Cálculo de la demanda de agua

DESCRIPCIÓN				ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1.-	Kc DE LOS CULTIVOS														
	CULTIVOS BASE	(ha)	% Área	ROTACIÓN											
	ALFALFA	22.77	100.00	ALFALFA	22.77	22.77	22.77	22.77	22.77	22.77	22.77	22.77	22.77	22.77	22.77
	TOTAL	22.77	100.00												

	Area de cultivos base " B " (1ª campaña)	22.77	22.77	22.77					22.77	22.77	22.77	22.77	22.77
	Area de cultivos en rotación " R " (2ª campaña)				22.77	22.77	22.77	22.77					
2.-	AREA TOTAL CULTIVADO POR MES (Has)	22.77	22.77	22.77	22.77	22.77	22.77	22.77	22.77	22.77	22.77	22.77	22.77
3.-	Kc x DESARR. CULT PER.VEG												
	ALFALFA 12	0.90	0.90	0.90	0.90	0.87	0.94	1.05	1.03	0.92	0.90	0.90	0.90
	COEFICIENTE Kc PONDERADO:	0.90	0.90	0.90	0.90	0.87	0.94	1.05	1.03	0.92	0.90	0.90	0.90
4.-	ETP (mm/mes)	129.94	109.21	100.06	91.87	97.07	92.43	102.12	115.93	128.46	136.55	134.24	129.91
5.-	EVAPOTRANSPIRACION REAL (ETR=Kc*ETP) mm/mes	116.95	98.29	90.05	82.68	84.45	86.88	107.23	119.41	118.18	122.90	120.82	116.92
	EVAPOTRANSPIRACION REAL (ETR=Kc*ETP) mm/día	3.77	3.51	2.90	2.76	2.72	2.90	3.46	3.85	3.94	3.96	4.03	3.77
6.-	PRECIPITACIÓN EFECTIVA (PE) mm/mes												
	Precipitación en mm (Estación pluviom. + cercana)												
	Precipitación al 75% de ocurrencia en mm	53.65	63.45	62.25	37.33	12.20	1.88	1.63	3.98	15.35	45.73	53.63	81.93
	Precipitación efectiva en mm	45.03	52.30	51.19	30.60	1.97	-	-	-	4.07	37.41	45.08	65.65
7.-	DEMANDA NETA (Dn = ETR - Pe) mm/mes	71.92	45.99	38.86	52.08	82.48	86.88	107.23	119.41	114.11	85.49	75.74	51.27
	DEMANDA NETA (Dn) mm/día	2.32	1.64	1.25	1.74	2.66	2.90	3.46	3.85	3.80	2.76	2.52	1.65
		0.90	0.90	0.90	0.90	0.87	0.94	1.05	1.03	0.92	0.90	0.90	0.90
	Eficiencia de riego (APLICACIÓN)	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
8.-	DEMANDA BRUTA (Db = Dn/Ef.) mm/mes	79.91	51.10	43.18	57.87	91.65	96.54	119.14	132.68	126.79	94.99	84.16	56.97
	DEMANDA BRUTA (Db) mm/día	2.58	1.82	1.39	1.93	2.96	3.22	3.84	4.28	4.23	3.06	2.81	1.84
9.-	MODULO DE RIEGO (Mr = Q/Ha) l/s/ha	0.30	0.21	0.16	0.22	0.34	0.37	0.44	0.50	0.49	0.35	0.32	0.21
1	CAUDAL REQUERIDO (Q = Mr/Ha) l/s	6.79	4.81	3.67	5.08	7.79	8.48	10.13	11.28	11.14	8.08	7.39	4.84
		0.17	0.22	0.19	0.12	0.01	-	-	-	0.02	0.14	0.17	0.25
		3.83	4.92	4.35	2.69	0.17	-	-	-	0.36	3.18	3.96	5.58
1	OFERTA DISPONIBLE MANANTIAL (Q=l/s)	16.45	11.16	8.36	6.69	6.55	8.88	10.66	11.65	12.82	10.20	10.36	10.36
	OFERTA TOTAL DISPONIBLE (Q=l/s)	16.45	11.16	8.36	6.69	6.55	8.88	10.66	11.65	12.82	10.20	10.36	10.36
	DEMANDA INSATISFECHA (Q=l/s)	9.66	6.35	4.69	1.60	- 1.24	0.40	0.53	0.37	1.68	2.12	2.97	5.52

Elaboración Propia

Anexo 17,

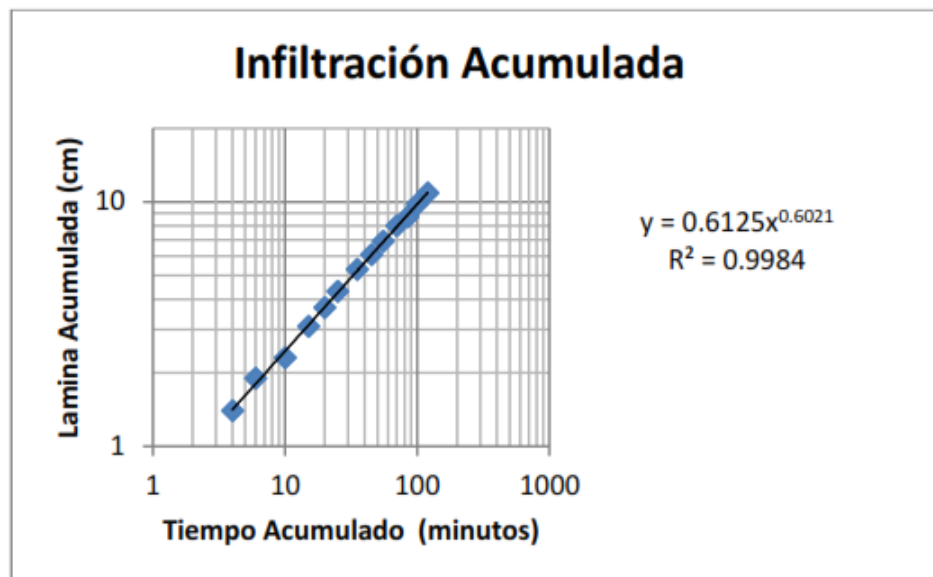
Velocidad de infiltración suelo franco areno arcilloso

Tiempo (minutos)		Lectura (cm)	
parcial	Acumulado	Diferencia	Acumulado
0	0	8	-----
2	2	8.8	0.8
2	4	9.4	1.4
2	6	9.9	1.9
4	10	10.3	2.3
5	15	11.1	3.1
5	20	11.7	3.7
5	25	12.3	4.3
10	35	13.3	5.3
10	45	14.1	6.1
10	55	14.9	6.9
15	70	16	8
15	85	16.7	8.7
15	100	17.8	9.8
20	90	18.9	10.9

Elaboración Propia

Figura 21.

Kostiakov para la Infiltración Acumulada



Nota: grafica Tiempo vs Lamina Acumulada en el Suelo Arcilloso

Elaboración Propia

Ecuación de infiltración Acumulada

$$I_b = 0.612 * T^{0.60} \dots \text{c/m}$$

Ecuación de infiltración Básica

$$I_b = 22.13 * T^{-0.4} \dots \text{c/m}$$

Cálculo del tiempo base.

$$T_b = 600 * (m - 1) \dots \text{m}$$

$$T_b = 600 * (-0.40) \dots \text{m}$$

$$T_b = 240 \dots \text{m}$$

Cálculo de la Velocidad de Infiltración

$$I_b = 22.13 * 240^{-0.40} \dots \text{c/hr}$$

$$I_b = 2.50 \dots \text{c/hr}$$

Anexo 18.

Diseño agronómico.

Para el Suelo franco arcilloso arenoso y cultivo de Alfalfa

Lamina Neta

$$L = \frac{(C - P) * f * H * Da}{100}$$

H=100cm Cc=32% PMP=13% f=0.60mm Da=1.35g/cm³

$$L = \frac{(32 - 13) * 0.60 * 100 * 1.35}{100}$$

$$L = 15.39 \dots \text{cm}$$

Lamina real o Bruta

$$L_b = \frac{\text{Lamina Neta}}{\text{Eficiencia de aplicacion}}$$

Ln=15.39 E=0.70 Eficiencia de ampliación

$$Lb = \frac{15.39}{0.70}$$

$$Lb = 21.98 \dots \text{cm}$$

Intervalo de Riego

$$Lb = \frac{\text{Lamina Real}}{\text{Evotranspiracion}}$$

$$Lb=21.98 \text{ cm}$$

$$ETC=3.97 \text{ mm/dia}$$

$$Ir = \frac{21.98}{3.96}$$

$$Ir = 25.25 \dots \text{d}$$

$$Ir = 25.00 \dots \text{d}$$

Tiempo de Riego

$$T = \frac{\text{Lamina bruta}}{\text{V.infiltracion}}$$

$$Lb=21.98 \text{ cm}$$

$$V. Infiltración = 2.5 \text{ cm/hr}$$

$$T = \frac{21.98 \text{ cm}}{2.5 \text{ cm/hr}}$$

$$T = \frac{21.98 \text{ cm}}{2.5 \text{ cm/hr}}$$

$$T = 8.79 \text{ hr}$$

$$T = 9.0 \text{ hr}$$

Caudal requerido

$$Q = \frac{A * L}{F * T}$$

A= 20,770 m²

Lb=21.98 cm=0.2198m

f=25 días

Tr=9 horas/días

$$Q = \frac{200,770 * 0.2198}{25 * 9}$$

$$Q = \frac{200,770 * 0.2198}{25 * 9}$$

$$Q = 202.89 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$Q = 56.60 \text{ lt}/\text{seg}$$

Selección del aspersor

Adoptamos una separación de aspersores de 20 metros

Calculando el número de aspersores para un largo de 100 m.

$$\# \text{ asp} = \frac{100}{20}$$

$$\# \text{ asp} = 5 \text{ und}$$

Calculando área húmeda eficaz

$$A. \text{ humeda} = 5 \text{ und} * 12 \text{ m}$$

$$A. \text{ humeda} = 100 \text{ m}$$

Calculo del caudal medio de los aspersores (qm.)

Velocidad de infiltración 25.0 mm/hr

$$Q = \frac{202.89 \text{ m}^3/\text{hr}}{0.025 * 12}$$

$$Q = 676.3 \text{ m}^3$$

la franja irrigada por un lateral tiene 500 m de largo.

Por lo tanto, el valor 676.3 m corresponde a (500/676.3 =0.73 franjas)

Aproximando para 1 franjas, la intensidad media de los aspersores es:

$$I_{media} = \frac{202.89 * 1000}{12 * 500 * 1}$$

$$I_{media} = 33.815 \text{ m}^3/\text{h}$$

Por ser menor que la velocidad de infiltración del suelo, se utilizara 11

Así cada lateral deberá operar con 5 aspersores.

Por lo tanto el caudal medio de los aspersores será:

$$q_{media} = \frac{202.89}{5 * 10}$$

$$q_{media} = 4.05 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Aspersor agrícola sectorial VYR-66 (plast. 3/4")

El VYR-66 es un aspersor agrícola sectorial, fabricado en plástico y que cuenta con dos referencias de conexión 3/4" macho y hembra. Su eje y muelles están fabricados en acero inoxidable, y sus juntas tóricas y arandelas en acero inoxidable, teflón y plásticos especiales para resistir al contacto con los fertilizantes más agresivos del mercado.

Este aspersor está diseñado para trabajar bajo unos rangos de caudal entre 800 y 3270 l/h, a una presión nominal entre 1,75 y 5 BAR y con un alcance de cobertura entre los 12 y 19 metros de diámetro. El aspersor VYR-66 puede trabajar con una o dos boquillas; la boquilla principal tiene 30° grados de inclinación respecto al plano horizontal y la secundaria 11°. Su tiempo medio de rotación es de aproximadamente unos 25 seg. /360 (3 BAR, 4,40x2, 40mm).

Para un óptimo Coeficiente de Uniformidad, nuestros técnicos recomiendan el uso de este aspersor con un espaciamiento entre cabezales y líneas de 8x8 metros, hasta 18x18 metros para marcos rectangulares, y de 8x8 metros hasta 19x19 metros para marcos triangulares.

El uso mas común dado a este aspersor agrícola es el riego de cereales alfalfa, remolacha, hortalizas de hoja robusta, legumbres y tubérculos.

Tiempo de riego:

$$T_{riego} = \frac{219.8}{20.77}$$

P= 20,770 mm/h

Lb=21.98 cm=0.2198m

$$T_{riego} = 10.58 \text{ horas}$$

$$T_{riego} = 11.0 \text{ horas}$$

Anexo 19.

Diseño hidráulico de tubería

Caudal del lateral

n=5 q=2.45 m³/h

$$Ql = n * q$$

$$Ql = 5 * 2.45$$

$$Ql = 12.25 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Ql = 3.40 \text{ lt/seg}$$

Caudal de la Tubería de Derivación

n=10 q=12.25 m³/h

$$Qd = n * q$$

$$Qd = 10 * 12.25$$

$$Qd = 122.5 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Qd = 34.02 \text{ lt/seg}$$

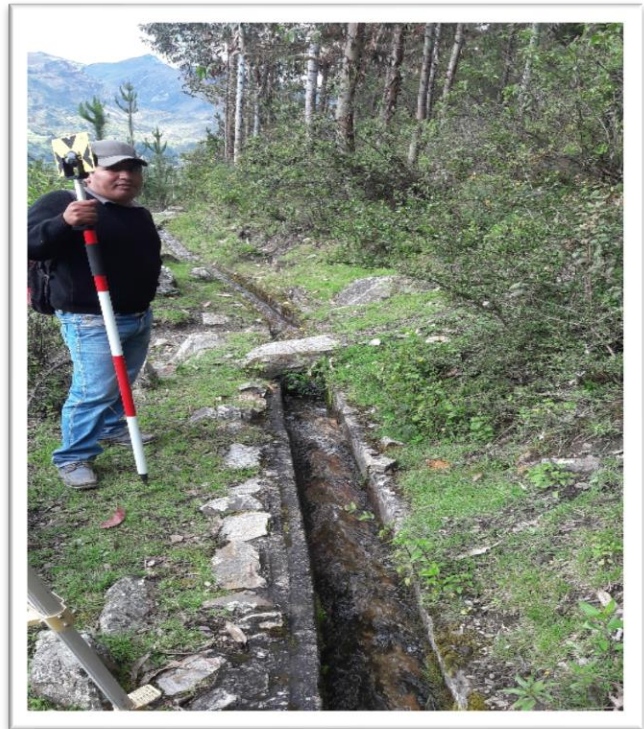
Anexo 20.

Panel fotográfico



FOTOGRAFÍA N°1: Reconocimiento de los parcelas .

FOTOGRAFÍA N°2: Inicio de Levantamiento topográfico.





FOTOGRAFÍA N°3: Se aprecia la captación y levantamiento topografico .



FOTOGRAFÍA N°4: ubicación de calicatas mediante gps .



FOTOGRAFÍA N°5:
Prueba de Infiltracion

FOTOGRAFÍA N°6:
Ensayo de laboratorio
de Sodio- laboratorio
de quimica

