

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA**



Efecto de dos sistemas de riego sobre las principales propiedades de  
suelos cultivados con *Persea americana* Mill “palta” - Végueta,  
Huaura

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

**AUTOR**

**Guianini Wilmer Ramirez Espinoza**

**ASESOR**

**Honorio Eloy Munive Jáuregui**

Huaura, Perú

2022

## METADATOS COMPLEMENTARIOS

### Datos del autor

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

### Datos del asesor

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (obligatorio)	

### Datos del Jurado

#### Datos del presidente del jurado

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

#### Datos del segundo miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

#### Datos del tercer miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

**Datos de la obra**

Materia*	
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado:	
Idioma (Normal ISO 639-3)	
Tipo de trabajo de investigación	
País de publicación	
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	
Grado académico o título profesional	
Nombre del programa	
Código del programa Consultar el listado:	

\*Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesoro).

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

**ACTA N° 009 - 2023/UCSS/FIA/DI**

Siendo las 04:00 p.m. del 31 de enero de 2023 a través de la plataforma virtual zoom de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, el Jurado de Tesis, integrado por:

- |                                 |                 |
|---------------------------------|-----------------|
| 1. Amada Victoria Larco Aguilar | presidente      |
| 2. Yuri Holsin Calle Cheje      | primer miembro  |
| 3. Alejandro Ruiz Janje         | segundo miembro |
| 4. Honorio Eloy Munive Jáuregui | asesor          |

Se reunieron para la sustentación virtual de la tesis titulada **Efecto de dos sistemas de riego sobre las principales propiedades de suelos cultivados con *Persea americana* Mill "palta" - Végueta, Huaura**, que presenta el bachiller en Ciencias Agrarias, **Guianini Wilmer Ramirez Espinoza**, cumpliendo así con los requerimientos exigidos por el reglamento para la modalidad de titulación; la presentación y sustentación de un trabajo de investigación original, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Agrónomo**.

Terminada la sustentación y luego de deliberar, el Jurado acuerda:

APROBAR

DESAPROBAR

La tesis, con el calificativo de **BUENO** y eleva la presente Acta al Decanato de la Facultad de Ingeniería Agraria, a fin de que se declare **EXPEDITA** para conferirle el **TÍTULO** de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

Lima, 31 de enero de 2023.



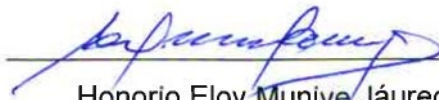
Amada Victoria Larco Aguilar  
PRESIDENTE



Yuri Holsin Calle Cheje  
1° MIEMBRO



Alejandro Ruiz Janje  
2° MIEMBRO



Honorio Eloy Munive Jáuregui  
ASESOR

Anexo 2

CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR(A) DE TESIS / INFORME ACADÉMICO/ TRABAJO DE INVESTIGACIÓN/ TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO

Lima, 31 de enero de 2023

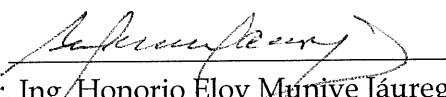
Señor(a),  
Wilfredo Mendoza Caballero  
Jefe del Departamento de Investigación  
Facultad de Ingeniería Agraria

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que la tesis / informe académico/ trabajo de investigación/ trabajo de suficiencia profesional, bajo mi asesoría, con título: Efecto de dos sistemas de riego sobre las principales propiedades de suelos cultivados con *Persea americana* Mill "palta" - Végueta, Huaura, presentado por Guanine Wilmer Ramírez Espinoza con código de estudiante 20091812 y DNI N° 47586097, para optar el título profesional/grado académico de Ingeniero Agrónomo ha sido revisado en su totalidad por mi persona y **CONSIDERO** que el mismo se encuentra **APTO** para ser sustentado ante el Jurado Evaluador.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se le ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, cuyo **resultado alcanzó un porcentaje de similitud de 0 %** (poner el valor del porcentaje).\* Por tanto, en mi condición de asesor(a), firmo la presente carta en señal de conformidad y adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,

  
Dr. Ing. Honorio Eloy Munive Jauregui,  
Registro CIP 13517  
DNI N° 20662522  
ORCID: 0000.0002-3746-8032  
Facultad de Ingeniería Agraria - UCSS

\* De conformidad con el artículo 8°, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8°. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no implique copia o indicio de copia.

## **DEDICATORIA**

A mis padres Hérika Espinoza Rosales y Wilmer Ramírez Mayo por el constante apoyo y la confianza durante las etapas de mi vida.

A mis hermanos Berthzabé y Lander por el constante apoyo y confianza durante mi formación profesional

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi Asesor Dr. Honorio Eloy Munive Jáuregui, por instruirme en el camino del buen estudiante y apoyarme en la culminación del presente trabajo de tesis.

A la Facultad de Ingeniería Agraria de la Universidad Católica Sedes Sapientiae por haberme brindado los conocimientos profesionales y haberme permitido utilizar sus instalaciones para llevar a cabo esta investigación.

A la empresa agrícola “Carlo” S. A., por patrocinar y darme facilidades para realizar mi trabajo de investigación.

A los propietarios de los fundos “El Cascajal” y el “Huerto de los Olivos” por permitirme ingresar a sus propiedades e instalaciones para realizar la presente investigación

A todos los profesionales y amigos que de una u otra manera contribuyeron en el desarrollo de mi quehacer universitario tanto en las aulas de la UCSS, así como en los trabajos que me tocó desempeñar.

# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE GENERAL .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
ÍNDICE DE APÉNDICES .....	xiii
RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVOS .....	3
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO .....	4
1.1. Antecedentes .....	4
1.2. Bases teóricas especializadas .....	14
1.2.1. Generalidades sobre el suelo .....	14
1.2.2. Principales propiedades físicas del suelo .....	18
1.2.3. Principales propiedades químicas del suelo .....	28
1.2.4. Materia orgánica del suelo .....	32
1.2.5. El agua en el suelo .....	33
1.2.6. Importancia del agua del suelo .....	35
1.2.7. Riegos .....	36
1.2.8. Tipos de riego .....	38
1.2.9. El cultivo del palto .....	42
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS .....	48
2.1. Diseño de la investigación .....	48
2.2. Lugar y fecha .....	48
2.3. Población y Muestra .....	50



2.4. Técnicas de Recolección e instrumentos .....	51
2.5. Descripción de la investigación.....	51
2.6. Identificación de las variables y su mensuración .....	53
2.7. Análisis de datos.....	54
2.8. Materiales .....	55
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>56</b>
3.1. Caracterización de los suelos .....	56
3.1.1. Características de los suelos en estudio .....	56
3.2. Comparación de las propiedades de los suelos en estudio .....	58
3.2.1. Análisis textural .....	58
3.2.2. Niveles de humedad y tipo de estructura de los suelos en estudio.....	59
3.2.3. Color del suelo y contenido de fragmentos rocosos.....	60
3.2.4. Contenido de carbonatos y materia orgánica .....	61
3.2.5. Densidad aparente y porcentaje de porosidad .....	61
3.2.6. Reacción (pH) y conductividad eléctrica de los suelos en estudio .....	62
3.2.7. Contenido de fósforo y potasio disponibles .....	63
3.2.8. Capacidad de intercambio catiónico y cationes cambiables .....	63
3.2.9. Porcentaje de saturación de bases .....	64
3.3. Propiedades del suelo que deben ser consideradas en el plan de manejo .....	65
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIONES .....</b>	<b>67</b>
4.1. Caracterización de los suelos de los fundos en estudio.....	67
4.2. Propiedades de los suelos .....	67
4.2.1. Textura.....	67
4.2.2. Humedad y estructura.....	68
4.2.3. Color, pedregosidad y gravosidad .....	69
4.2.4. Carbonatos y de materia organica .....	70
4.2.5. Densidad aparente y porcentaje de porsidad .....	71

4.2.6. Reacción (pH) y salinidad.....	71
4.2.7. Contenido de fósforo y de potasio.....	72
4.2.8. Capacidad de intercambio catiónico y cationes cambiables.....	73
4.2.9. Porcentaje de saturación de bases.....	74
4.3. Plan de manejo de suelos en estudio .....	74
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES .....	76
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES .....	78
REFERENCIAS .....	79
TERMINOLOGÍA.....	88
APÉNDICES .....	91

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Puntos de muestreo</i> .....	51
Tabla 2. <i>Variables en estudio, su mensuración y métodos para su determinación</i> .....	54
Tabla 3. <i>Resultados del análisis de la textura de los suelos en estudio</i> .....	58
Tabla 4. <i>Resultados del análisis de la humedad y la estructura de los suelos</i> .....	59
Tabla 5. <i>Resultados del análisis del color y la pedregosidad y/o gravosidad</i> .....	60
Tabla 6. <i>Contenido de carbonatos y materia orgánica</i> .....	61
Tabla 7. <i>Resultados del análisis de la densidad aparente y de la porosidad</i> .....	62
Tabla 8. <i>Resultados del análisis del pH y la conductividad eléctrica</i> .....	62
Tabla 9. <i>Resultados del análisis del fósforo y potasio disponible</i> .....	63
Tabla 10. <i>Resultados del análisis de la CIC y cationes cambiabes</i> .....	64
Tabla 11. <i>Resultados del análisis del porcentaje de saturación de bases</i> .....	64

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. <i>Suelos del Fundo El Huerto de los Olivos y fotografía de la calicata CRT-01 ...</i>	56
Figura 2. <i>Fotografías de las calicatas CRT-02 y CRT-03 .....</i>	57
Figura 3. <i>Suelos del Fundo El Cascajal y fotografía de la calicata CRG-01 .....</i>	57
Figura 4. <i>Fotografías de las calicatas CRG-02 y CRG-03p.....</i>	58

## ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice 1. Plano de ubicación y puntos de muestreo de la zona en estudio.....	91
Apéndice 2. Resultados de los análisis de caracterización de los suelos .....	92
Apéndice 3. Tablas para la interpretación de los resultados del análisis de suelos .....	95
Apéndice 4. Fichas de descripción de los perfiles de suelos .....	97
Apéndice 5. Fotografías del proceso de la investigación .....	102
Apéndice 6. Matriz de consistencia.....	106

## RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en suelos de los fundos “Cascajal” y “Huerto de los Olivos” cultivados con “palta” *Persea americana* Mill, variedad “Hass”, ubicados en el centro poblado de San José de Tiroler, Végueta, Huaura, región Lima, con el fin de conocer las variaciones en las propiedades edáficas en los suelos bajo dos sistemas de riego: riego por goteo y riego por gravedad. Para tal efecto, se ubicaron seis puntos de muestreo (tres en cada fundo: CRT-01, CRT-02 y CRT-03; y CRG-01, CRG 02 y CRG-03, respectivamente), donde se realizó la evaluación de los perfiles a las profundidades de 0 a 20 y de 20 a 40 cm, encontrándose dos grupos de suelos: (a) suelos azonales bajo riego por gotero, A3sf por capacidad de uso mayor por limitaciones debidas al factor suelo con baja fertilidad, ubicados en el fundo “Cascajal” y, (b) suelos azonales con riego por gravedad, A3sf(r) por capacidad de uso mayor con deficiencias debidas al factor suelo, baja fertilidad y escaso recurso hídrico, ubicados en el fundo “Huerto de los Olivos”. El efecto del tipo de riego sobre las propiedades del suelo, aunque ligeramente, se manifestó en los suelos bajo riego por goteo, ya que el contenido de materia orgánica, la presencia de carbonatos, la fertilidad natural del suelo, el pH y la salinidad, mostraron niveles superiores a los encontrados en los suelos bajo riego por gravedad, notándose claramente que el riego tecnificado es una necesidad urgente que debe implementarse dejando de lado el riego tradicional, pero debe tenerse en cuenta la necesidad de reajustar los planes de fertilización, la aplicación de materia orgánica y el uso racional del recurso hídrico para evitar que el contenido de carbonatos, el aumento del pH y de la salinidad no se produzca.

**Palabras clave:** Propiedades físicas y químicas, componentes de rendimiento, gestión del agua, riego tecnificado.

## ABSTRACT

The present research was carried out in soils of the farms “Cascajal” and “Huerto de los Olivos” cultivated with “avocado” *Persea americana* Mill. variety “Hass”, located in the town of San José de Tiroler, Végueta, Huaura, Lima region, in order to know the variations in edaphic properties in soils under two irrigation systems: drip irrigation and gravity irrigation. For this purpose, six sampling points were located (three in each farm: CRT-01, CRT-02 and CRT 03, and CRG-01, CRG 02 and CRG-03, respectively) where profiles are evaluated at depths of 0 at 20 and 20 to 40 cm, two groups of soils were founded: a) Azonal soils under irrigation by dropper, A3sf by capacity of greater use due to limitations due to the soil factor with low fertility, located in the “Cascajal” farm, and b ) Azonal soils with gravity irrigation, A3sf (r) for greater use capacity with deficiencies due to the soil factor, low fertility and scarce water resources, located in the “Huerto de los Olivos” farm. The effect of the type of irrigation on the properties of the soil, although slightly, was manifested in the soils under drip irrigation, since the content of organic matter, the presence of carbonates, the natural fertility of the soil, the pH and salinity, they showed higher levels than those found in soils under gravity irrigation, clearly noting that technical irrigation is an urgent need that should be implemented leaving aside traditional irrigation, but the need to readjust fertilization plans, the application of organic matter and the rational use of water resources to prevent the carbonate content, the increase in pH and salinity from occurring.

**Keywords:** Physical and chemical properties, performance components, water management, technified irrigation.

## INTRODUCCIÓN

El agua, dentro de la producción agropecuaria, juega un rol importante ya que sin este recurso no se podría obtener la mayoría de los productos agrícolas y pecuarios requeridos para satisfacer la demanda de alimentos de la cada vez más creciente población humana. En las zonas desérticas del país, la escasez del agua es notoria, haciéndose imprescindible un manejo racional del agua, y dentro las alternativas para obtener un efecto más eficiente sobre el mejoramiento de la producción, está la posibilidad de reemplazar el riego tradicional conocido como riego por inundación o gravedad, por un método más eficiente como lo es el riego por goteo; aunque su implementación es costosa, permite un ahorro en la cantidad de agua requerida por los cultivos con un incremento significativo de la producción agrícola.

La agricultura en el Perú es una actividad económica en constante renovación a través del tiempo, generando a la vez muchos puestos de trabajo, contribuyendo al desarrollo y la industrialización con una alta tecnología que los gobernantes deberían planificar teniendo en cuenta el mediano y largo plazo, mediante la implementación de muchos servicios como los proyectos de irrigación, ampliación y conservación de las carreteras de penetración en las tres regiones naturales del país, ampliación de las vías férreas, mejoramiento de la electrificación, apertura de puertos de embarques basados en una alta tecnología, adquisición de maquinarias y equipos de reciente generación para el mejoramiento del proceso productivo en la agricultura que ofrezcan una mejor preparación de las tierras agrícolas para la siembra, el cultivo y la cosecha, la adquisición de maquinarias de alta tecnología (arados, rastrilladoras, aplanadoras, surcadoras, sembradoras, abonadoras, fumigadoras, etc.). Así como también, se deben implementar de manera urgente centros técnicos de educación especializada, considerando los aspectos operativos, agrícolas y pecuarias, así como administrativos, financieros y comerciales en las principales zonas de producción de alimentos agropecuarios (Andía, 2017).



El riego consiste en diferentes tecnologías que permiten una buena distribución del recurso hídrico en las labores de hacer llegar el agua a la superficie del suelo. En la actualidad se dispone de varios modelos de riego con la finalidad de brindar ayuda a los productores agropecuarios para contrarrestar la ausencia de las lluvias y la dotación oportuna de agua para el desarrollo de las especies cultivadas. El tipo de riego de mayor utilización es el aplicado por inundación o también llamado por gravedad, que es característica de las zonas más empobrecidas, ya que su uso relativamente es de bajo costo. En la actualidad, el riego por goteo es el método que es aceptado por gran parte de los productores, ya que su uso permite que el suelo se mantenga permanentemente húmedo, posibilitando la incorporación de los fertilizantes que estarán casi continuamente disponibles para las plantas, favoreciendo así un mejor desarrollo vegetal y por ende un mayor rendimiento de los cultivos. Por lo tanto, el tipo de riego debe estar afectando a las propiedades físicas y químicas de los suelos de la zona paltera de Végueta- Huaura.

# OBJETIVOS

## Objetivo general

Determinar el efecto de dos sistemas de riego sobre las principales propiedades de suelos cultivados con *Persea americana* Mill, “palto”, Végueta, Huaura.

## Objetivos específicos

- Caracterizar los suelos cultivados con “palto” de la variedad Hass bajo riegos por gravedad y por goteo, en el distrito de Végueta, Huaura.
- Comparar las variaciones en las propiedades físicas, químicas y de la materia orgánica de los suelos cultivados con palto bajo riegos por gravedad y por goteo, en el distrito de Végueta.
- Plantear un plan de manejo sostenible orientado al mantenimiento en condiciones óptimas las propiedades físicas, químicas y de la materia orgánica de los suelos irrigados por inundación por riego por goteo.

# CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

## 1.1. Antecedentes

### Internacionales

Ferreyra y Selles (2017) realizaron una investigación sobre la “Respuesta del palto a periodos de déficit hídrico. Diez años de investigación en manejo del riego en palto” con el objetivo de conocer el efecto de los riegos sobre el crecimiento vegetativo tanto de árboles jóvenes como adultos del palto (*Persea americana* Mill.). Los resultados mostraron en los árboles mayores un crecimiento excesivo que fue inducido por el riego frecuente y la fertirrigación llegando a disminuir el rendimiento, principalmente debido al exceso de sombra. El programa de riego bien planeado controló el tamaño de los árboles, el desarrollo de árboles jóvenes pudo acelerarse, adelantándose la producción al cambiar el equilibrio entre el crecimiento y la productividad. El tamaño de la fruta de la “palta” tuvo una significativa importancia económica porque este parámetro fue por el rendimiento y número de frutos en el árbol. Sin embargo, el tamaño también fue afectado por el manejo del riego. Se llegó a la conclusión que el estrés hídrico redujo el tamaño de la fruta, principalmente en los 120 días después de la plena floración, cuando se está llevando la consolidación el número de células del fruto quedando definido casi totalmente el crecimiento ecuatorial del fruto. De mismo modo, el porcentaje de aceite en el fruto de la “palta” estuvo condicionado por el tamaño de los frutos y por el rendimiento total; por lo tanto, cuando existió mayor tamaño del fruto, fue mayor el porcentaje de aceite. Asimismo, debido a que el riego mostró un efecto sobre el tamaño de los frutos, fue difícil evaluar el efecto del uso del agua de riego sobre la cantidad de aceite. Entonces, en frutos que fueron igualmente clasificados según tamaño se observó que frecuencias de riego cortos e incrementos de volumen de agua aumentaron el porcentaje de aceites. Las cantidades de aceite en los frutos es un parámetro de importancia en la determinación de la época de cosecha, en base a esta condición se tiene

la posibilidad de acelerar la maduración mediante la aplicación de los riegos en periodos de tiempos mas cortos.

Chicas *et al.* (2014) investigaron la “Determinación indirecta de la capacidad de retención de humedad en suelos de la subcuenca del río Torjá, Chiquimula, Guatemala”, para entender la disponibilidad del agua en suelos con fines agrícolas de la región semiárida ubicada en la subcuenta del río Torja, en el departamento de Chiquimula, Guatemala. El objetivo trazado fue aplicar los modelos estadísticos en base a la regresión múltiple y la correlación de Pearson para determinar de forma indirecta la capacidad del campo y el punto de marchitez permanente. En base a la fisiografía de la subcuenca, fueron ejecutados los muestreos del suelo, considerando a la capacidad de campo (CC) y al punto de marchitez permanente (PMP) como variables dependientes y a los porcentajes de arcilla, limo y arena, la densidad aparente (Da), la conductividad eléctrica (CE) y el contenido de materia orgánica (MO) como variables. Estas variables fueron evaluadas mediante la regresión lineal múltiple, dando origen a los modelos matemáticos que sirvieron para calcular la capacidad de campo:  $CC = 67,31 - (33,77 \cdot Da) - (0,23 \cdot \text{Porcentaje de arena})$  ( $R^2=0,59$ ) y punto de marchitez permanente:  $(PMP = 55,05 - (28,97 \cdot Da) - (0,23 \text{ porcentaje de arena})$  ( $R^2 = 0,69$ ). El análisis fue realizado a través del programa INFOSTAT. La validación de estas ecuaciones generadas en base a diez muestras tomadas al azar dentro del terreno experimental, mostraron una correlación altamente significativa (Pearson) con respecto a los valores observados y calculados en base a la densidad aparente y al porcentaje de arena, cotrrespondiendo a valores de  $r^2$  de 0,84 para el modelo de la CC y de 0,85 para el PMP, respectivamente. Concluyeron que la Da y el contenido de arena, influyeron notoriamente sobre la variabilidad de la capacidad de campo y del punto de marchitez permanente a nivel de campo. Los modelos conseguidos presentaron valores mayores al 80 % de las probabilidades, cuando fue estimada las variaciones de humedad del suelo. La capacidad de campo y el punto de marchitez permanente, determinaron por diferencia la capacidad de retención de humedad en los suelos, parámetros que cumplió diversas funciones dentro de la planificación agrícola.

Corado (2014) al realizar una investigación sobre la “Evaluación de cuatro láminas de riego por goteo sobre el rendimiento del plátano (*Musa paradisiaca*)”. El objetivo fue conocer el resultado de cuatro láminas de riego por goteo sobre rendimientos en el cultivo de plátano en Jutiapa, Guatemala. El diseño experimental aplicado fue un diseño de bloques completos al azar, en la que consideró los siguientes tratamientos: T1 = Lámina con un 10 % por debajo de la teórica calculada = 1,43 cm (14,3 mm), T2 = Lámina teórica calculada = 1,59 cm (15,9 mm), T3 = Lámina con un 10 % arriba de la teórica calculada = 1,75 cm (17,5 mm) y T4 = Lámina usada por el agricultor (tratamiento testigo) = 0,6 cm (6 mm). Las diferentes respuestas fueron: Rendimiento total ( $t \cdot ha^{-1}$ ), componente de rendimiento (número de manos por tallo, número de dedos por mano, longitud de dedos basales y distales expresados en centímetros, diámetro de dedos por mano, longitud de dedos basales y distales expresados en centímetros, diámetro de dedos basales y distales expresados en centímetros, diámetro de dedos basales y distales expresados en centímetros, peso neto del racimo en kilogramos), concentración total de sólidos solubles expresados en grados brix y relación beneficio – costo. Los datos obtenidos fueron tratados a través de análisis de varianza (ANDEVA), así como el análisis de correlación. El autor concluyó de la siguiente manera: (a) el rendimiento total expresados en  $t \cdot ha^{-1}$ , no fue incrementado por el efecto de las láminas de riego evaluada; es decir, que no hubo diferencia estadística significativa entre los tratamientos; (b) los componentes de rendimiento (número de manos por tallo, número de dedos por mano, longitud de dedos, basales y distales expresados en centímetros, diámetro de dedos basales y distales expresados en centímetros, peso neto del racimo en kilogramos), tampoco presentaron diferencia estadística significativa por efecto de las láminas de riego que fueron evaluadas; (c) dentro de los componentes de rendimiento evaluados, los que más influyeron sobre el rendimiento fueron: longitud de dedos basales expresados en centímetros, manos comerciales por tallo expresado en unidades, diámetro de dedos distales, longitud de dedos distales y diámetro de dedos basales medidos en centímetros; y (d) el componente de calidad de la fruta no fue influenciado por el efecto de las cuatro láminas de riego por goteo evaluadas, no presentó significancia estadística en la concentración total de sólidos solubles expresados en grados brix, y en cuanto a medidas de relaciones costo-beneficio el tratamiento uno (T1) la lámina de 1,43 cm (14,3 mm) fue la mejor alternativa desde el punto de vista económico y productivo, con una rentabilidad de 49,29 %.

Da Costa *et al.* (2013) investigaron la “Retención de agua y disponibilidad en suelos del Estado de Santa Catarina – Brasil: Efecto de clases texturales, clases de suelos y litología”, en los suelos del estado de Santa Catarina, Brasil, con el objetivo de conocer las propiedades que determinan el crecimiento de la planta, mediante la evaluación de la retención y disponibilidad del agua. Para ello, dentro de la metodología muestrearon los horizontes superficiales y los subsuperficiales de perfiles ubicados en las diferentes regiones del Estado de Santa Catarina, con diferentes cultivos de cobertura. Los parámetros evaluados fueron: la capacidad de campo (CC), el punto de marchitez permanente (PMP), el contenido de agua disponible (AD), el tamaño de partículas, el contenido de materia orgánica, la retención y la disponibilidad de agua entre los horizontes. En base a los resultados obtenidos, concluyeron que hubo una retención significativa del agua cuando los porcentajes de limo fueron altos o cuando los suelos fueron de textura fina aunada a un alto porcentaje del material orgánico, lo cual estuvo presente especialmente en los suelos de naturaleza húmica como los cambisols, nitisols y ferralsols, los mismos que se formaron a partir de materiales rocosos de tipo ígneo o sedimentario. El porcentaje disponible del agua fue superior en suelos con textura media (franca), con alto contenido de MO y fue menor en los suelos de textura gruesa (arenosos), tales como los arenosols que fueron encontrados en los depósitos aluviales más recientes o en el material gravoso derivado del cuarzo granítico. Una mayor cantidad de agua disponible fue encontrada en los horizontes A (superficiales). Caracterizados por tener un mayor contenido de MO, en los horizontes subsuperficiales. La cantidad de agua disponible fue menor en el horizonte B, mostrando claramente la importancia que tiene la materia orgánica en el almacenamiento y la disponibilidad del agua de los suelos del Estado de Santa Catarina.

Joseph (2010) realizó “Un estudio sobre las características de retención de agua de los suelos y sus mejoras en Kochi, Kerala (India)”, con el objetivo de conocer la retención de agua y la relación con las características en siete tipos de suelos basados en un enfoque de mejoramiento del recurso edáfico. El estudio fue de carácter cualitativo teniendo en cuenta que cada vez el suelo es requerido para una mayor producción de alimentos con una limitada disponibilidad de agua, donde el riego oportuno y suficiente fue esencial para lograr un máximo beneficio. La metodología consideró hacer comparaciones entre las medias del suministro de agua mediante los riegos con las principales propiedades físicas del suelo

mediante el uso estadístico del análisis, de las varianzas comparando las medias con el uso de regresiones y correlaciones. La programación del riego estuvo orientado a un tiempo real o de acuerdo a las etapas del cultivo, teniéndose en cuenta la reposición de la humedad mediante riegos oportunos antes que las plantas fueran estresadas por la escasez del recurso hídrico, teniéndose en cuenta la cantidad de agua y el tiempo en que fue aplicado, mostrando como resultados una influencia clara sobre los rendimientos que fueron incrementados, sin dejar de lado las propiedades físicas y geotécnicas del suelo. Además, luego de efectuarse las correlaciones respectivas, los resultados demostraron que el contenido de arcilla fue la característica que tuvo una mayor influencia sobre la CC (capacidad de campo), PMP (punto de marchitez permanente y el AD (agua disponible) que requirieron las plantas. Asimismo, luego de efectuarse las pruebas estadísticas respectivas en los suelos en estudio, concluyó que la fórmula para hacer la determinación de la CC es: Capacidad de campo =  $[(0,3 \times \% \text{ de material fino}) + 15,74]$ , ( $r^2 = 0,92$ ), para calcular el punto de marchitez permanente (PMP) la relación fue igual a  $[(0,18 \times \% \text{ de material fino}) + 5,75]$  ( $r^2 = 0,91$ ), y el agua disponible (AD) fue igual a  $[(0,12 \times \% \text{ de material fino}) + 7,89]$  ( $r^2 = 0,91$ ). Asimismo, fue resaltado que una condición considerada como la más importante en la agricultura de regadío fue la reducción, en lo posible, de la utilización del agua aplicada, destacándose que el recurso hídrico fue fundamental para lograr una mayor producción de los cultivos.

## Nacionales

Álvarez (2019) investigó el “Rendimiento y crecimiento de cuatro variables de “quinua” *Chenopodium quinoa* Wild, bajo tres densidades de siembra en riego por goteo”. El objetivo fue conocer el efecto de tres densidades de siembra sobre el rendimiento de cuatro variedades de “quinua”. Las tres densidades de siembra de la quinua consideradas en la metodología del trabajo fueron: D1: 100 000 plantas.ha<sup>-1</sup>; D2: 150 000 plantas. ha<sup>-1</sup> y D3: 200 000 plantas.ha<sup>-1</sup>. Las variedades de quinua fueron: V1: La Molina 89, V2: Salcedo INIA, V3: Negra Collana y V4: Pasankalla. La investigación fue desarrollada en los terrenos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Los parámetros de crecimiento considerados en el estudio fueron la calidad del grano y el análisis agroeconómico de la quinua, cuyo cultivo fue desarrollado con riego de tipo localizado (riego por goteo). Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente con el diseño de parcelas divididas. Los ecotipos de quinua consideradas en el estudio tuvieron una distribución randomizada en las sub-parcelas dentro

de cada parcela completa. Del mismo modo, las densidades de siembra fueron distribuidas al azar en cada parcela que fueron establecidas en cada uno de los cuatro bloques. El experimento mostró estadísticamente resultados altamente significativos entre la interacción de los ecotipos de quinua con la cantidad de plantas sembradas por hectárea, encontrándose, además, una alta significación en los parámetros del rendimiento tanto desde el punto de vista comercial como para el peso de un millar de granos, así como el rendimiento por panoja destacando notoriamente la variedad La Molina 89 que fue sembrada a la densidad de 200 000 plantas, con un rendimiento de 5 288 kg.ha<sup>-1</sup>. El rendimiento más bajo fue logrado con la variedad Pasankalla con una densidad de 100 000 plantas y un rendimiento de solo 444 kg.ha<sup>-1</sup>, resultado muy parecido a lo logrado con la variedad Negra Collana y Salcedo INIA que dieron resultados con diferencias de 1,19 y 1,49 %, respectivamente. La variedad Salcedo INIA mostró el menor rendimiento con una diferencia muy notoria con los rendimientos logrados por la variedad La Molina 89. Con respecto a las variables altura de plantas, diámetro de las panoja, áreas foliares, porcentajes de materia seca en la hoja, tallo y panojas mostraron interacciones significativas en las comparaciones entre variedades con densidades altas de poblaciones sembradas, donde la variedad La Molina 89, con una densidad de 100 000 plantas.ha<sup>-1</sup>, presentó el mayor diámetro de panoja, una altura mayor de plantas y mayores áreas foliares, con un contenido mayor de materia seca mientras que las variedades Salcedo INIA, Pasankalla y Negra Collana mostraron menores valores al nivel de 200,000 plantas. Con respecto a la evaluación de los componentes de calidad de los granos, tales como los porcentajes de humedad y de saponinas, así como la cantidad de granos, la interacción variedad por densidad de siembra mostró un efecto altamente significativo. Contrariamente, en el contenido de proteínas fue mostrada una alta significación solamente en las variables variedades de quinua. Concluyó que la quinua La Molina 89 fue la más eficiente en el uso de agua (EUA) con un consumo de 0,88 kg.m<sup>-3</sup> por grano del cereal y en las variedades Negra Collana y Pasankalla mostraron el menor índice de cosecha (IC) con 8,7 y 8,9 % respectivamente. El índice de arena foliar (IAF) equivale a 0,48 m<sup>-2</sup>.m<sup>-2</sup> fue bajo y el coeficiente de transpiración (CT) de 440,2 L.kg<sup>-1</sup>, calificado como alto. El mayor índice de rentabilidad de 117,6 % fue obtenido con la variedad La Molina 89 con una densidad de 200 000 plantas.ha<sup>-1</sup>. Las variedades salcedo INIA, Pasankalla y Negra Collana dieron índice de rentabilidad negativos.



Baumann (2018) investigó los “Niveles nutricionales y densidad de siembra en el rendimiento de quinua (*chenopodium quinoa* willd) variedad La Molina 89, en un sistema de riego por goteo” (p. 1). “El objetivo fue determinar la respuesta cuatro niveles nutricionales y tres densidades de siembra en el crecimiento y rendimiento de la quinua variedad La Molina 89, cultivado bajo riego por goteo” (p. 2). El diseño experimental fue de parcelas divididas. La metodología de trabajo consideró el efecto de cuatro niveles de fertilización: (F1) Sin fertilizar o testigo, (F2) NPK, (F3) NPK + Ca y (F4) NPK + Ca + Microelementos (Fe, Mn y Zn) y tres densidades de siembra: (D1) 160 000 plantas.ha<sup>-1</sup>, (D2) 120 00 plantas.ha<sup>-1</sup> y (D3) 80 000 plantas.ha<sup>-1</sup> sobre el rendimiento y sus componentes (crecimiento, parámetros agronómicos y calidad de grano); bajo riego por goteo. La fase de campo fue desarrollada en la Unidad de Investigación en riegos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Agraria La Molina. Las fórmulas de fertilización en fueron distribuidas al azar en las sub-parcelas ubicadas en cada una de las parcelas completas. Las tres densidades fueron distribuidas al azar en cada una de las parcelas que conformaron los cuatro bloques que contó el experimento. El análisis estadístico aplicado fue ANOVA mediante el programa InfoStat. Los resultados obtenidos mostraron que el efecto de las densidades de siembra no fue significativo; muy al contrario, fueron altamente significativos los niveles nutricionales. Asimismo, la interacción de las densidades por los niveles de fertilización no fue significativa. El mayor rendimiento fue encontrado con densidades de 160,000 plantas.ha<sup>-1</sup>, con un rendimiento promedio de 3 790 kg.ha<sup>-1</sup> de grano de quinua, logrando un incremento de 5,2 % respecto a la densidad de 120 000 plantas.ha<sup>-1</sup> y de 7,5 % respecto a 80 000 plantas.ha<sup>-1</sup>. Con referencia las fórmulas nutricionales, la combinación NPK + Ca con un rendimiento de 4 209 kg.ha<sup>-1</sup> de granos de quinua, superó en 13,7 % a la fórmula NPK + Ca + Micro; y con 16,1 % al nivel nutricional con NPK y con 39,5 % al tratamiento testigo (F1), el mismo que logró un rendimiento de solo 3 018 kg.ha<sup>-1</sup>. La fórmula de NPK + Ca, en combinación con las tres densidades de siembra dieron los mejores rendimientos con 4 637: 3 906 y 4 084 kg.ha<sup>-1</sup> de grano de quinua respectivamente. La respuesta a la fertilización estándar NPK logró 20,2 % de incremento en el rendimiento con respecto al testigo. Concluyó que no hubo diferencias estadísticas con la altura de planta en las tres densidades de siembra. Los niveles nutricionales, en todas las variables evaluadas, el peso granos por cada panoja y el peso de 1 000 granos presentaron diferencias estadísticas para niveles nutricionales. Solo el peso de los granos por panoja fue significativo al comparar las densidades, encontrándose los valores más altos fueron conseguidos con el nivel NPK + Ca con una densidad 80 000 plantas.ha<sup>-1</sup>. Para el contenido de proteínas, el mejor valor

encontrado fue de 24,7 % con la fórmula NPK + Ca + microelementos. Con un periodo de 155 días de duración del ciclo vegetativo de la planta de quinua y con el uso de 2 750 m<sup>3</sup>. ha<sup>-1</sup> de agua de riego, fue logrado la mayor eficiencia de uso del agua (EUA) y el índice más bajo de cosecha (IC%) equivalente al 32,5 %, fue obtenido con el nivel nutricional NPK + Ca.

Ventocilla (2015) ejecutó un trabajo de investigación titulada “Clasificación de la fertilidad de los suelos del predio “Fundo Nuevo” por el método de capacidad-fertilidad de Végueta-Huaura”, cuyo objetivo fue clasificar los suelos del “Fundo Nuevo” en el centro poblado de Medio Mundo, distrito de Végueta, Huaura, Perú”. La metodología tomada en cuenta consideró el estudio de la textura tanto del horizonte superficial (capa arable) y del horizonte subyacente conjuntamente con la evaluación de los riesgos de anegamiento, períodos de sequía, regímenes de humedad, variaciones de la temperatura, existencia de modificadores texturales, tipos de pendiente, procesos erosivos y limitaciones con respecto profundidad, los mismos que fueron considerados como modificadores de las propiedades físicas del suelo. Asimismo, fue tomado en cuenta la presencia de arcillas sulfúricas, exceso de aluminio, limitaciones por presencia de compuestos calcáreos, exceso de sales y niveles de sodicidad. También fueron evaluadas las reservas nutricionales, los riesgos de fijación del fósforo, presencia de arcillas expandibles, lavaje de partículas finas, tipos de compuestos minerales intemperizables y el contenido de carbono orgánico como un factor determinante de la actividad biológica en el suelo. Luego de efectuarse la descripción de los perfiles y en base a los resultados de los análisis respectivos, los suelos fueron clasificados como muy superficiales a superficiales con presencia de gravas como modificador textural, con aptitud agrológica muy baja y con pHs altos (moderadamente básicos). Además, las clases texturales predominantes fueron arenosa y arena franca, muy pobres en materia orgánica, fósforo disponible en niveles bajos (< 7 mg.kg<sup>-1</sup>) y medios (7 a 14 mg.kg<sup>-1</sup>), potasio disponible (100 a 200 mg.kg<sup>-1</sup>), con baja (4 a 8 cmol.kg<sup>-1</sup>) a muy baja (< 4 cmol.kg<sup>-1</sup>) capacidad de intercambio catiónico, con riesgo moderado de erosión y sin problema alguno con respecto a la salinidad cuyos valores están por debajo de 0,25 dS.m<sup>-1</sup> y de lavaje o lixiviación. Concluyó que los suelos son de escaso desarrollo pedogenético con perfiles A/C y taxonómicamente son Aridisoles y A3sf por su capacidad de uso mayor. Con muy baja a baja fertilidad, la presencia de carbonatos representó una severa limitación porque puede causar el fósforo se fije,

asegurando que los niveles de salinidad presentes en dichos suelos no permitieron el desarrollo normal de cualquier cultivo, incluyendo aquellos cultivos con una alta sensibilidad a la salinidad del suelo.

León (2014) hizo un estudio sobre la “Respuesta del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild). Línea mutante La Molina 89 – 77 a tres regímenes de riego, en condiciones de la Molina” (p. 1). “El objetivo fue conocer la respuesta de la línea mutante La Molina 89 -77 a las limitaciones hídricas y los efectos en la eficiencia del uso de agua (EUA) en el rendimiento y la rentabilidad del cultivo”. El experimento fue realizado en el campus de la UNALM. La metodología consideró la programación del riego mediante el sistema Cropwat 8,0 de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), programándose cuatro tratamientos del uso del agua: T1 = 100 %, T2 = 75 %, T3 = 50 % de la lámina de riego, con una cobertura plástica para evitar la pérdida de la humedad y T0 = 100 % de la lámina de agua sin cobertura. Los tratamientos fueron distribuidos tomándose como base el diseño de bloques completos con tres repeticiones. Los datos obtenidos mostraron que las variaciones en los porcentajes en el riego, no influenciaron estadísticamente en la calidad de granos de la quinua; sin embargo, causaron efectos negativos relacionados con la altitud de las plantas, grosor de los tallos, cantidad de granos por panojas, reducción del periodo de maduración y merma en el rendimiento total de los granos. Las cantidades de agua utilizadas en los riegos fueron de 3 235 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> (T0); 3 235 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> (T1); 2 470 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> (T2) y 1 623 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> (T3), que permitieron rendimientos equivalentes a 3 163; 3 333; 3 039 y 2 234 kg.ha<sup>-1</sup> de granos, respectivamente. La línea de quinua en estudio mostró una mayor eficiencia de uso de agua (EUA), logrando 1,68 kg.m<sup>3</sup> como un valor máximo. Muy al contrario, la merma de la cantidad del agua de riego, afectó negativamente a la rentabilidad del cultivo de la quinua. Concluyó que las mermas en las cantidades de riego causaron la reducción en la altura de plantas, el grosor de los tallos, la longitud de las panojas. Número de granos por panoja y en el rendimiento total de granos. Sin embargo, los tres regímenes de riego empleados no afectaron a los componentes de la calidad de los granos. Además, la línea mutante LM 89-77 logró una mayor eficiencia de uso del agua (EUA), lográndose valores de eficiencia de 1,15; 1,21, 1,43 y 1,68 kg.m<sup>3</sup>, con los tratamientos T1, T2, T3 y T0, respectivamente. Las variaciones de los regímenes de riego

afectaron gradualmente a la rentabilidad del cultivo obteniéndose en T3 un valore cercano a cero.

Fox (2013) investigó sobre la “Evaluación de la pérdida de uso del suelo por salinización en la parte baja de la Cuenca de Jequetepeque: San Pedro de Lloc (1980 – 2003)” con el objetivo principal de realizar un diagnostico de la pérdida de suelos por salinización en el sector San Pedro de Lloc. Para el cumplimiento del objetivo planteado, fueron combinadas distintas metodologías en el trabajo de campo. Luego del levantamiento de la información requerida, fueron recolectadas las muestras de suelo y fueron determinadas *in situ* la conductividad eléctrica y la salinización. En el laboratorio fueron analizados la textura, pH, conductividad eléctrica (CE) y contenido de materia orgánica (MO). En gabinete fue utilizada la combinación de los métodos cartográficos y de teledetección con la ayuda de fotografías aéreas e imágenes satelitales fueron ubicadas las áreas de cultivo entre los años 1980 y 2003. Con la finalidad de efectuarse la interpretación de las características físicas y químicas de los suelos, la zona en estudio fue dividida en tres subsectores: alto, medio y bajo. Los resultados obtenidos en el subsector alto mostraron que los suelos tenían una CE de 0,1 a 2,4  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$  y un pH medianamente básico entre 7,9 a 8,4. Asimismo, en el subsector bajo, los suelos presentaron una fuerte salinidad, con CE de 4,8 a 9,5  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$  y pH mayor a 9,1 clasificándolos como alcalinos y fuertemente alcalinos. La concentración de materia orgánica fue variable; sin embargo, el mayor contenido fue encontrado en el subsector bajo superando al 10 %. Las áreas con pérdidas fueron ubicadas en las zonas baja y media. Concluyó que los valores de la conductividad eléctrica y de la reaccion del suelo, confirmaron el inicio de un proceso de acumulación de sales con tendencia de incrementarse en la zona baja del área estudiada. Además, las parcelas del subsector bajo fueron abandonadas e invadidas por grama y sales cristalizadas. Esta coyuntura estuvo relacionada con la pérdida de terrenos de cultivo. Asimismo, no fue posible determinar con exactitud el alcance y la dimensión de dicho proceso, debido a la proximidad de las parcelas con altos contenidos de sales. Finalmente, debió tomarse en cuenta los inconvenientes relacionados con el sistema de riego en la zona, donde fue posible observar muchos aspectos favorables tales como: el uso eficiente del recurso agua, el mantenimiento de las propiedades del suelo, una diversificación de cultivos que dieron altos rendimientos.

## **1.2. Bases teóricas especializadas**

### **1.2.1. Generalidades sobre el suelo**

Salgado *et al.* (2010) explican que, después de los recursos humanos de un país, el capital más importante es el suelo, porque es el material sobre el cual se basa la producción vegetal y animal. Se debe entender que la producción de alimentos para la humanidad depende de este recurso, y sin el suelo la vida en el planeta estaría restringido. Aunque el avance biotecnológico para la producción de alimentos, incluida la hidroponía, no logran reemplazarlo en la calidad, la cantidad o la variedad de productos que se obtienen del suelo.

El sistema disperso que caracteriza al suelo, se debe a la heterogeneidad de sus componentes porque se trata de un sistema muy variable, con una gran cantidad de interacciones entre los numerosos y variados factores que intervienen en lo expresado anteriormente, afecta el rendimiento de los cultivos, disminuye el potencial agrícola del suelo y termina por provocar desertificación. Debido a ello se requiere de vital importancia la aplicación de prácticas agroecológicas como el reciclaje de la materia orgánica (residuos de cultivos y animales), labranza mínima, uso de abonos verdes y de cobertura, diversificación temporal y espacial, entre otras, para conservar este recurso. Así mismo, será conveniente realizar un manejo controlado de las propiedades del suelo para evitar problemas de degradación, con la finalidad de mantener altos rendimientos de manera sostenible (López y Estrada, 2015).

El suelo es un recurso natural compuesto que tiene como componentes fundamentales a los minerales, la materia orgánica, el aire, el agua, los organismos vegetales y animales. Además, es porción muy delgada de la corteza terrestre que ha sido formada muy lentamente por descomposición de las rocas superficiales debido a la acción del agua, los cambios de temperatura y el viento en un determinado periodo de tiempo. Los restos de la fauna y flora que cumplen su ciclo de vida dentro y sobre el suelo, son descompuestos por los microorganismos para convertirse en materia orgánica que al incorporarse forma parte al

suelo (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 1996). Para Brady y Weil (2010) el suelo es un conjunto de cuerpos naturales que se ha desarrollado a partir del material mineral y orgánico no consolidado que se encuentra en la superficie inmediata de la tierra. Esta capa sirve para como un medio natural para el crecimiento y desarrollo de las plantas superiores, la misma que tiene propiedades que son resultados de la acción del clima y la materia viva que actúan sobre el material parental, influenciados por las variaciones de la temperatura en un lapso de tiempos determinados.

La palabra suelo es un término que se origina de la palabra en latín “*solum*” cuyo significado es piso o terreno. Asimismo, el cuerpo suelo es definido como la mezcla de materiales en estado natural que están ubicados en la parte superficial de la corteza terrestre conteniendo diversos organismos y que desempeña una función muy importante en el desarrollo de las plantas. El suelo tiene como límites superiores tanto a la atmósfera, así como a las aguas poco profundas (aquellas que tienen la capacidad de soportar el desarrollo de los sistemas radiculares de los vegetales o de acumular la materia orgánica resistente al proceso de descomposición). Las zonas inundadas por más de 2,5 m de profundidad y que están conformadas por materiales sin vida (aguas profundas) y donde se encuentra el material rocoso o las masas glaciares, están considerados como el límite horizontal del suelo. La definición de los límites inferiores aun no es conocida claramente, pero se considera que están conformados por las rocas duras y continuas. De manera práctica, se acepta que la profundidad máxima de un suelo es de 2 m, aproximadamente (Jordán, 2010).

Porta *et al.* (2003) consideran que el suelo es un cuerpo natural que tiene las tres dimensiones fundamentales; altura, largo y ancho. Además, una porción muy importante del ecosistema, y su conocimiento o estudio se hace, en el inicio, en el campo mediante la descripción minuciosa y completa detallada del suelo y del ambiente que lo rodea. Por lo tanto, al hacer estudios cartográficos que requieren de criterios agronómicos, ecológicos y ambientales, se debe hacer una delimitación de las zonas representativas de cada uno de los tipos de suelos que son posibles de distinguir dentro de la zona o paisaje que se desea estudiar, tomándose como base la escala con que se está planteando el desarrollo de tratado experimental.

Además, Porta *et al.* (2003) agregan el perfil del suelo es una porción del mismo que se representa mediante un corte vertical del terreno y que permite la descripción desde la capa superficial hasta el lugar donde está ubicado el material parental. Asimismo, la observación minuciosa del perfil del suelo, permite describir las diversas capas u horizontes que están conformando a dicho perfil y que se diferencian por que cada uno de estos tienen diferentes propiedades y características que permiten identificarlos, estudiarlos, describirlos y analizarlos separadamente.

Mengel y Kirkby (2001) consideran al suelo es un sistema complejo compuesto por un material heterogéneo compuesto por la mezcla de diversos materiales sólidos, líquidos y gaseosos que conforman las tres fases diferentes que la integran y que influyen en el suministro de nutrientes para las plantas. Las partículas inorgánicas que conforman la fase sólida y que contienen elementos químicos con carga positiva; asimismo, las componentes de origen orgánico son las principales fuentes de las reservas aniónicas de N, P y S. Por otro lado, la segunda fase denominada líquida está representada por la solución del suelo, la misma que tiene la función de regular los procesos de transporte y de disponibilidad de los elementos nutritivos en el suelo. La tercera fase es la gaseosa cuya función principal consiste en intercambio de gases con la atmósfera, originada por los diversos organismos que habitan en el suelo.

El suelo es el producto de la descomposición de las diferentes rocas producida por la meteorización y la erosión. A pesar de que el suelo sea el resultado de un proceso de descomposición, es también un medio de crecimiento de las plantas y una fuente que abastece de casi todos los productos alimenticios, resultando como consecuencia el más valioso y el menos privilegiado de todos sus bienes naturales que está al servicio de la humanidad. Después de muchísimos años de haber sido utilizados los suelos, en la actualidad es reconocido con justicia, el papel que desempeña como parte del ambiente, resaltando más aún importancia que tiene en el mantenimiento de la vida de la mayoría de los organismos. Asimismo, se puede afirmar que los suelos constituyen el recurso natural más significativo porque es la fuente de donde provienen, directa o indirectamente, los alimentos y las materias

primas que utiliza el hombre para satisfacer sus necesidades. La mayoría de los suelos tardan miles o, inclusive, millones de años para formarse; siendo imposible recuperarlos en un corto tiempo después de haber sufrido un desgaste causado por las fuerzas erosivas. Por lo tanto, es de vital interés conservarlos sanos y fértiles a través de las generaciones (Brady y Weil, 2010). Por otro lado, la capacidad productiva que dispone un determinado suelo es determinante en un sistema agrícola cuando se trata de cultivos en una región árida, ya que la aptitud del recurso edáfico en el sostenimiento del proceso productivo o una rotación de cultivos ya establecidos, deben estar orientados a obtener cada vez mejores resultados. Esta productividad es medida mediante los rendimientos obtenidos en función a la interrelación del proceso requerido para la clase del suelo y las condiciones requeridas por un determinado cultivo. De manera general, en las regiones secas o áreas áridas y semiáridas, la productividad del suelo es seriamente afectada por los procesos erosivos asociados a la pérdida de los elementos nutritivos, significando la disminución de la capacidad productiva y el agotamiento de la materia orgánica (López, 2002).

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2017) sostiene que el suelo está formado por minerales y materia orgánica que forman la porción sólida, otras dos capas que son la líquida y la capa gaseosa. También, señalan que el suelo se ubica en la zona superficial de la tierra, constituida por diversas capas diferenciadas por tener diversos componentes que se han originado por la descomposición del material y que son conocidos como los horizontes del suelo. Además, esta porción está caracterizada por ser el medio natural con capacidad de sostener el desarrollo de las especies vegetales. Galán y Romero (2008) reportan que la integración de los sistemas atmósfera, hidrosfera y biosfera sobre la superficie de la geosfera dan origen a la formación del suelo, donde la llamada *zona crítica* que está situada entre la geosfera y los demás sistemas es la parte más dinámica de la superficie de la tierra (National Research Council [NRC], 2001). La meteorización de las rocas y la influencia de procesos microbiológicos producen el suelo. El proceso de meteorización es afectado por la radiación solar por algunas condiciones locales favorables como la topografía y propiedades naturales de las rocas (permeabilidad y alterabilidad). Galán y Romero (2008) sostienen que luego de un largo período de meteorización, y bajo condiciones climáticas estables, el suelo puede alcanzar su equilibrio, por estar constituido de la siguiente manera:



- a. **Geosfera:** Es el componente mineral del planeta, zona donde viven los seres vivos. La atmósfera, hidrosfera y la parte externa de la litosfera, son componentes de la geosfera.
- b. **Hidrosfera:** Es la parte del planeta que está cubierta por las masas de agua: océanos, mares, ríos, lagos y las corrientes de agua.
- c. **Biosfera:** Es una zona conformada por agua, tierra y una capa delgada de aire. Es la capa donde habitan los seres vivos y comprende la zona que se inicia en el fondo oceánico y se prolonga hasta unos 10 km de altitud en la atmósfera. Las condiciones de la biosfera que permiten la vida son la energía solar, la circulación del calor y los nutrientes esenciales.
- d. **Litosfera:** Es la zona externa y dura del planeta, cuya profundidad es muy variable entre los 10 y 50 km. Está constituida por compuestos silicatados. Se ubica entre la corteza y parte superior del manto.
- e. **Atmósfera:** Es la capa gaseosa que envuelve o rodea al planeta Tierra.

### 1.2.2. Principales propiedades físicas del suelo

Las propiedades físicas, químicas y biológicas que interactúan entre sí para mantener un ambiente idóneo para el crecimiento de las plantas, le otorgan un carácter dinámico al suelo constituido por tres fases (sólida, líquida y gaseosa) y aún cuando estas propiedades del suelo pueden estudiarse de manera separada, todas están relacionadas unas con otras. Como ejemplo se puede considerar que las condiciones para el anclaje y la penetración de raíces que proporciona el suelo a la planta, está en relación del espacio poroso con otras propiedades relacionadas con el drenaje y la aireación. Por lo tanto, la disminución de una sola propiedad del suelo puede afectar a otras más, produciendo a su vez una degradación o pérdida de la calidad productiva del suelo que al final tendrá un efecto negativo sobre los rendimientos de los cultivos. Entonces, conocida la importancia del suelo, es de primordial necesidad tener en cuenta la definición y descripción de las principales propiedades físicas, químicas y biológicas que tiene un suelo determinado, para conocer la importancia y valores típicos que se presentan en los suelos agrícolas. Además, debe reflexionarse sobre la significancia que tiene el monitoreo de las propiedades del suelo para manejarlo adecuadamente y así evitar la degradación de este importante recurso (López y Estrada, 2015). Dentro de las principales propiedades del suelo, se tiene a las siguientes:

## Textura

La composición volumétrica del suelo es necesaria para los estudios del suelo, tanto desde el punto de vista genético o aplicado. Algunas propiedades de las partículas minerales del suelo están determinadas por su tamaño. Plaster (2005) define que la textura del suelo es una propiedad fundamental que tiene una marcada influencia sobre otras propiedades del suelo. La textura del suelo está determinada por la cantidad expresado en porcentaje de los tres tamaños de partículas denominadas arena, limo y arcilla. Estas partículas, a través de sus tamaños, tienen un efecto sobre la capacidad de retención del agua y de la aireación que caracteriza a los suelos (Jordán, 2010) agrupa a las partículas del suelo de la siguiente manera: (a) Gravas y piedras, que son fracciones minerales sólidas cuyos diámetro varían entre 2 mm a 7 cm y que son conocidas como gravas las más pequeñas o como piedras las de tamaños mayores; (b) La parte mas fina que está formada por partículas más pequeñas que de 2 mm de diámetro que están agrupadas de la siguiente manera:

- **Arenas:** Son partículas minerales sólidas de un tamaño variable entre 0,05 a 2,0 mm de diámetro, electrostáticamente son consideradas neutras, siendo únicamente un elemento de división y soporte para las plantas.
- **Limos:** Son partículas mucho más finas que las arenas cuyos tamaños varían entre 0,002 a 0,05 mm de diámetro, se les atribuye cierta cantidad de cargas eléctricas.
- **Arcillas:** Son las partículas mucho más finas del suelo cuyos tamaños son menores de 0,002 mm (2 micras). Las arcillas están formadas por cuarzo, óxidos de aluminio y agua. Tienen propiedades químicas y se comportan como si fueran aniones por tener cargas electrostáticas en su superficie.

## Estructura

El término estructura se refiere a la agrupación o disposición de partículas del suelo. Es estrictamente un término que describe la combinación o disposición de los agregados primarios en agrupaciones secundarias llamadas agregados del suelo. Un perfil puede ser denominado por un solo tipo de agregación, pero es común encontrar varios tipos de estructura en los los diferentes horizontes que conforman el perfil del suelo (Brady y Weil,

2010). Este proceso es causa de la formación de terrones, los mismos que pueden ser agrupados o clasificados por la forma general que adoptan y por el grado de estabilidad que presentan. Las partículas coloidales del suelo tienen una importancia considerable en la formación de los terrones o agregados, tanto de origen mineral como las arcillas e hidróxidos, así como los de origen orgánico como es el caso del humus, los cuales actúan como elementos principales de unión o factor cementante entre las partículas de mayor tamaño (Domínguez, 1997). La estructura del suelo tiene un efecto directo sobre la aireación, el movimiento del agua en el suelo, el crecimiento radicular y la resistencia a la erosión. Los agregados del suelo pueden adoptar varias formas definidas como estructura granular, en bloque angulares y subangulares, primásticos, columnares o laminares, así como también en tamaños y distinto grado de estabilidad (López y Estrada, 2015). Los agregados estables entre 2 y 5 mm están asociados con una calidad del suelo, según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2008).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2009) señala que la estabilidad del suelo es dependiente de la compresibilidad y de la tendencia que tiene los agregados del suelo para la absorción del agua. Las labores desarrolladas en la agricultura están orientadas en la preservación de los niveles de fertilidad de los suelos por medio del mantenimiento y posible aumento del contenido de materia orgánica y tienen la capacidad de amenguar los efectos negativos que acompañan a la falta de lluvias, lo cual aumenta la productividad de las plantas cultivadas. Es posible que, al aumentar los niveles de la temperatura, también se incrementen las lluvias irregulares, las sequías, así como las inundaciones. Los suelos de sistemas de gestión orgánica retienen significativamente más agua de lluvia, gracias a las propiedades de absorción de agua de la materia orgánica. La estabilidad estructural de lo agregado del suelo dependiente en gran medida de la cantidad de material coloidal que los une. Consecuentemente se debe resaltar el importante papel que desempeña la materia orgánica en la estabilidad estructural de los agregados del suelo. También tiene importancia el tipo de cationes asociados a la fracción coloidal. Una deducción importante de la estructura del suelo es el espacio que se encuentra entre los agregados y entre las partículas dentro de los mismos. Los espacios llamados poros, conforman en su conjunto, el espacio total del suelo disponible para el agua y el aire. A este espacio total se le denomina porosidad (Domínguez, 1997).

## Color

El color es una propiedad física del suelo mediante el cual se puede inferir algunas características importantes del suelo, tales como la mineralogía, el estado de los procesos edáficos que están ocurriendo, como el proceso de la rubefacción, la acumulación de carbonatos y la presencia de materia orgánica descompuesta o humificada, entre otros. Los suelos dedicados a la actividad agrícola presentan tienen coloraciones claramente influenciadas por la presencia de la materia orgánica, aunque el aporte de restos orgánicos mediante la actividad agrícola, es mucho menor que el aporte que reciben los suelos de bosques. Por tales razones, para lograr diferenciar horizontes orgánicos de horizontes minerales, convirtiéndose en una tarea demasiado complicada o difícil, haciéndose necesaria tener en cuenta otras propiedades del suelo, dentro ellas la clase textural o el tipo o forma de la estructura (Jordán, 2010).

Para determinar el color del suelo de una manera visual se utiliza el sistema Munsell para lo cual se compara el color de una muestra de suelo con muestras de color estándar que tiene la Tabla de Colores Munsell, en base a la identificación de tres parámetros, los mismos que según Jordán (2010, p. 96) son los siguientes:

- ✓ **Matriz:** La matriz (Hue) de un color indica la posición relativa en una escala de 100 matices de colores diferentes que están basados en 10 clases principales: Rojo (5R), rojo amarillento (5YR), amarillo (5Y), amarillo verdoso (5GY), verde (5G), verde azulado (5BG), azul (5B), púrpura (5P) y púrpura rojiza (5RP).
- ✓ **Brillo:** El brillo (value) indica la luminosidad u oscuridad de un color en relación con una escala neutra de grises, que va desde el negro absoluto (0/) hasta el blanco absoluto (10/).
- ✓ **Intensidad:** La intensidad (Chroma) indica el grado de alejamiento de una determinada matriz de color respecto a un gris neutral (5/) con el mismo brillo. Esta

escala de la intensidad va desde /1, /2, /4 o más, dependiendo de la muestra que se evalúa.

### **Carbonatos de Calcio**

Según Jordán (2010) en un significativo porcentaje de suelos con pH neutro o básico el contenido de carbonatos es elevado mientras que en los suelos ácidos los carbonatos están ausentes. Existen varios tipos de carbonatos, pero el más frecuente en los suelos es la calcita ( $\text{CaCO}_3$ ), también puede encontrarse la magnetita ( $\text{MgCO}_3$ ) o la dolomita [ $(\text{CaMgCO}_3)_2$ ]. En suelos salinos y con pH extremadamente básicos puede estar presente el carbonato de sodio [ $\text{CO}_3(\text{Na})_2$ ]. El  $\text{CaCO}_3$  en el suelo cumple la función de regulador del pH, de tal forma que un contenido alto de calcita asegura un elevado pH del suelo. Asimismo, el contenido en carbonatos del suelo tiene un efecto directo o indirecto sobre otras propiedades del suelo, especialmente sobre la estructura, la textura, la actividad biológica, el almacenaje de nutrientes y la disponibilidad y asimilación de los elementos esenciales para las plantas (Jodán, 2010). De acuerdo a lo citado anteriormente, el suelo requiere de una reserva de carbonatos para tener una buena disposición estructural, aclarándose que tampoco es conveniente que el nivel de carbonatos sea demasiado elevado porque afectaría de manera negativa a los procesos de nutrición de las plantas. Asimismo, un bajo o ausente contenido de carbonatos no significa que un suelo sea agronómicamente desfavorable, debiéndose tener en cuenta la importancia de otras propiedades del suelo como el pH, la actividad microbiológica y otros procesos de la nutrición vegetal (Jordán, 2010).

En la naturaleza el carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) puede adoptar diversas formas y con variados niveles de concentración en el suelo, es una sal poco soluble y que cuando está presente en niveles moderados, juega un papel fundamental en la estructura del suelo. El  $\text{CaCO}_3$  también puede ser utilizado como un correctivo del pH de los suelos ácidos para incrementar las cantidades de Ca disponible para la nutrición de las plantas (Sys *et al.*, 1991). Por otro lado, si los niveles del Ca exceden la capacidad adsorsiva del coloide arcillo húmico del suelo, daría lugar, conjuntamente con la presencia de otros elementos, a la formación de complejos minerales insolubles, perdiéndose las posibilidades de aprovechamiento, es así

que estos compuestos no serán asimilables por la planta, propiciándose su almacenamiento excesivo. Además, las proporciones excesivas del Ca pueden disminuir significativamente la absorción de otros elementos nutritivos como es el caso del fósforo, boro y hierro (FAO, 2016).

Al respecto, Fassbender y Bonemisza (1994) agregan los siguientes conceptos:

- $\text{CO}_3\text{Ca}$ : El carbonato de calcio es el compuesto más frecuente en los suelos del Mundo. Es conocido como calcita cuando está presente en forma cristalizada. En los suelos con escaso desarrollo está acumulado generalmente en la capa superficial denominada como horizonte A. Este compuesto es ligeramente inestable y según la cantidad, tamaño de las partículas, régimen hídrico y biológico del cuerpo suelo, puede sufrir un proceso de lavaje, acumulándose en el horizonte a partir del cual se está desarrollando el suelo (Ck). En los suelos de las regiones tropicales y subtropicales muy húmedas es muy difícil encontrar a la calcita, salvo que éstas sean parte de las calizas que se acumulan en las zonas aluviales.
- $\text{CO}_3\text{Mg}$ ; Esta sal tiene una alta solubilidad y es conocida como magnetita. Asimismo, es muy susceptible a las fuerzas de meteorización, puede encontrarse en los suelos superficiales.
- $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ : El carbonato de calcio y magnesio más conocido como la dolomita, es un mineral cuya característica es ser un componente primario de las calizas dolomíticas que todavía no han sido intemperizadas. Sin embargo, adquiere un carácter secundario y su descomposición es la fuente del Ca y Mg, material muy utilizado en la práctica del encalado orientado para mejorar los suelos ácidos.
- $\text{FeCO}_3$ . Este carbonato ferroso es conocido como la siderita que es formada por efectos reductantes del hierro férrico que pasa a la forma de hierro ferroso. Este compuesto es poco común en la naturaleza.

El efecto de los carbonatos que están en estado libre en el suelo, aparte de mostrar influencia sobre las características estructurales de la masa edáfica, interfiere de manera directa sobre los procesos de infiltración y evaporación del agua, también tiene influencia importante sobre la reacción del suelo, así como en la composición física y química de la profundidad

efectiva del suelo (*solum*). Asimismo, el carbonato de calcio influye en la relación suelo-agua y en las reacciones de asimilación de los elementos nutritivos que son requeridos por los vegetales para completar satisfactoriamente el ciclo biológico. Cuando el  $\text{CaCO}_3$  está presente en el suelo de manera moderada, mejorará la capacidad productiva del suelo, especialmente en las zonas áridas y semiáridas del mundo con suelos que requieren ser irrigadas (Sys *et al.*, 1991).

El contenido de carbonatos en el campo es determinado por la efervescencia producida por el  $\text{CO}_2$  desprendido, al aplicársele ácido clorhídrico. Un alto contenido de carbonatos puede ocasionar deficiencias inducidas de microelementos y pérdida de nitrógeno por volatilización (La Torre, 2003).

### **Pedregosidad y/o gravosidad**

El SERFOR (2015) define a la pedregosidad superficial como la proporción relativa de piedras o fracciones de rocas que tienen un diámetro superior de 25 cm, encontrándose sobre la superficie del suelo. Por otro lado, Ramírez y Salgado (2005) explican que la pedregosidad está representada por fracciones mayores a las gravas y que pueden ubicarse sobre la superficie del suelo o encontrarse dentro del perfil, incluyéndose en este grupo a los materiales de origen aluvial.

Asimismo, la pedregosidad consiste en la acumulación de fragmentos rocosos libre con tamaños mayores que la arena muy gruesa. Estos fragmentos rocosos son estudiados de acuerdo a su tamaño, forma y por la clase de roca que los originaron. Dentro de estos fragmentos rocosos se encuentran las gravas, guijarros, lascas, pizarras y esquistos. Las gravas y guijarros que tiene en promedio un diámetro menor de 25 mm difieren de las piedras y bloques pedregosos porque tienen más de 25 mm de diámetro y cuando estos se encuentran sobre la superficie interfieren las labores de cultivo y de cosecha, aun cuando se encuentren en pequeñas cantidades. Tanto los bloques y piedras que se encuentran superficial o

parcialmente enterrados tienen un efecto importante en el uso y manejo del suelo (Corbella *et al.* 2017).

## Densidad del suelo

La densidad de un suelo es el peso contenido en la unidad de volumen de una muestra de suelo, considerándole tal como se presenta, o sea incluyendo el volumen ocupado por los poros. Los suelos arenosos tienen mayor densidad que los suelos arcillosos, debido a que estos últimos tienen mayor volumen de espacios libres (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación [MAPA], 2002). Dos términos son tomados en cuenta para expresar la densidad del suelo, estos son:

- (a) **Densidad aparente (Da)**. La densidad del suelo en su estado natural incluyendo el espacio poroso. Ortiz y Ortiz (1990) agregan que es la masa (peso) por unidad volumen del suelo seco. El volumen, incluye las partículas sólidas del suelo y el espacio poroso total. En el sistema métrico se mide en  $\text{g.cm}^{-3}$ . Los suelos arenosos son relativamente bajos en espacios poroso total y proporcionalmente tienen densidades aparentes altas. Los superficiales tienen densidad aparente variable desde 1,2 a 1,8  $\text{g.cm}^{-3}$  y en los suelos de textura fina normalmente la variación es de 1,0 a 1,6  $\text{g.cm}^{-3}$ .

$$Da = \frac{\text{Masa del Suelo (Peso)}}{\text{Volumen Total del Suelo}}$$

Entonces, la densidad es la relación entre masa del suelo expresadas en términos de peso y la unidad de volumen total del suelo.

- (b) **Densidad real o partícula (Dp)**. Es una medida de la densidad de las partículas que forman suelos. Ortiz y Ortiz (1990) reportan que la densidad de partícula es la masa de una unidad de volumen de partículas sólidas del suelo. Usualmente se expresa en  $\text{g.cm}^{-3}$ . Aunque la densidad individual de los minerales del suelo presenta una considerable variación, la



densidad de partículas en los suelos minerales es casi constante y varía de 2,60 a 2,75 g.ml<sup>-1</sup> o g.cm<sup>-3</sup>.

El tamaño y arreglo de las partículas no afecta a la densidad. Sin embargo, la materia orgánica que pesa mucho menos puede decrecer en la densidad hasta 2,4 g.cm<sup>-3</sup>. Los suelos superficiales usualmente poseen menores densidades de partículas que los subsuelos. Los suelos orgánicos como las turbas podrían tener naturalmente densidades de partículas extremadamente bajas. Al contrario, si hay presencia de minerales pesados, la densidad de partícula del suelo puede ser mayor de 2,75 g.cm<sup>-3</sup>.

$$D_p = \frac{\text{Masa del Suelo (Peso)}}{\text{Volumen de Sólidos del Suelo}}$$

Entonces, la densidad de partícula o real es la relación entre la masa del suelo expresada en términos de peso y la unidad del volumen de los sólidos del suelo (Ortiz y Ortiz, 1990).

### **Espacio poroso**

El espacio poroso del suelo se refiere al porcentaje del volumen en el suelo que no está ocupado por sólidos, que se pueden conocer por la densidad aparente y la densidad real:

$$\% P \left[ 1 - \frac{\text{Densidad Aparente}}{\text{Densidad Real}} \right] 100$$

La porosidad, parte del suelo por donde circulan o se retienen el agua, los nutrientes, el aire y los gases del suelo, está conformado dos tipos de poros que se diferencian por el tamaño que tienen y por la función que desempeñan: (a) Los macroporos que tienen un tamaño mayor de 250 μm, y (b) los microporos que son menores de 250 μm. Los primeros (macroporos) no tienen capacidad de retener al agua con respecto a la fuerza de la gravedad, pero son los responsables del proceso de evacuación del agua (drenaje) y de la circulación del aire en el suelo. Además, es la zona de expansión de las raíces. Al contrario, los

microporos son los responsables de la retención del agua que es disponible para las plantas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2015). Por lo tanto, los poros en donde está circulando el agua es definido como microporos y al agrupamiento de estos se le denomina microporosidad. El espacio restante donde circula el aire está formado por los macroporos que al agruparse es denominado macroporosidad. En consecuencia, la suma de la macro y microporosidad es conocida como la porosidad total del suelo. Cuando la porosidad total está representada entre el 40 al 50 % del volumen del suelo, es considerada con un porcentaje satisfactorio para el desarrollo de las plantas, lo es normal en los suelos que tienen una densidad aparente que varía entre 1,3 a 1,4 g.cm<sup>-3</sup>. Los espacios libres o vacíos ubicados entre las partículas texturales del suelo y en el interior de las diferentes clases de agregados, dan origen al espacio poroso o porosidad del suelo, cuyo volumen, en condiciones naturales, representa la zona por donde circula y se almacena tanto el aire como el agua. La porosidad es variable influenciado por las clases texturales, los tipos de la estructura y la presencia de la materia orgánica en el suelo y los suelos con estructura granular, alto contenido de materia orgánica y arcillosos tienen mayor porosidad que los suelos arenosos (MAPA, 2002).

## **Profundidad**

Según la organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2016) la definición de la profundidad efectiva del suelo también denominado como solum, es el espesor del horizonte superficial A conjuntamente con los horizontes subyacentes E y B, en el caso de que existieran. El horizonte C que es más profundo y que está formado con materiales de escasa descomposición pedogenética, no es considerado parte de la profundidad efectiva del suelo. Sin embargo, la escasa presencia de los pelos absorbentes en este horizonte, aunque pueda existir abundancia de raíces pivotantes, hacen que las actividades biológicas sean limitadas, pero no debe ser motivo para no tener en cuenta a este horizonte cuando se está definiendo a la profundidad del suelo. En el caso de estudios de levantamiento de suelos, la profundidad del suelo es considerada arbitrariamente hasta 2 m. Asimismo, un concepto bastante aceptado es considerar que el grosor de la capa del suelo en el cual las raíces de las plantas pueden penetrar y en donde fácilmente se encuentra el agua y los nutrientes esenciales para las plantas, es denominada la profundidad del suelo, cuyo límite inferior está generalmente constituido por capas arcillosas muy densas, así como

de capas muchas veces endurecidas y que están conformadas por materiales más gruesos como los fragmentos conocidos como gravas, piedras o rocas, y que en algunos casos, se agrega una napa freática de tipo permanente, que se convierte en una limitante para el desarrollo normal de las plantas (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre [SERFOR], 2015).

Ramírez y Salgado (2005) explican que la máxima profundidad del suelo es la parte susceptible que puede ser penetrada por las raíces de las plantas, ya sean nativas o cultivadas, en los tipos de usos ya sea agropecuario y/o forestal. No están considerados como parte de la profundidad efectiva los horizontes R, constituidos por la roca dura o las capas endurecidas o cimentadas naturalmente o por efectos de la labranza, a estos horizontes se les considera como limitantes de la profundidad. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2009) agregan que la profundidad de los límites superiores e inferiores de cada horizonte se mide en centímetros; se mide desde la superficie del suelo (incluida la sobrecarga orgánica y mineral). La profundidad de la mayoría de las formaciones no es constante. La mayoría de los horizontes no tienen una profundidad constante.

### **1.2.3. Principales propiedades químicas del suelo**

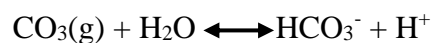
#### **pH**

Ortiz y Ortiz (1990) señalan que el pH del suelo expresa el grado de acidez o basicidad de una combinación suelo – agua u otra solución. También es definido como la concentración de hidrogeniones ( $H^+$ ) en un litro de agua o como el logaritmo negativo de la concentración del hidrogenión ( $H^+$ ) en la solución del suelo, siendo calculado en base a la ecuación siguiente:

$$pH = -\text{Log}(H^+) = \text{Log} \frac{1}{(H^+)}$$

Entonces la concentración de los hidrogeniones ( $H^+$ ) en la solución, sirve para determinar el pH de los suelos. Jordán (2010) agrega que, de acuerdo con el rango del pH, es posible

conseguir información del efecto perjudicial que produce la acidez, aunque es difícil diagnosticar las causas. En los suelos que no han sido alterados por la mano del hombre el pH varía de 3,0 (suelos con sulfatos ácidos) a 12,0 (suelos excesivamente alcalinos). Los que están dentro del grupo de aptos para la agricultura tienen un rango pH que varía desde 5,5 hasta 8,5. Es necesario tener en cuenta que el pH medido en agua no es un dato estable, porque varía de acuerdo con la estación del año, del estado fenológico del desarrollo de la planta, además de otros factores ecológicos. Dentro de estos últimos factores está el dióxido de carbono de la atmósfera del suelo, que es producido por la respiración de la biomasa que está en el suelo, que puede ocasionar la acidificación del suelo:



El pH afecta a diversas propiedades físicas, químicas y biológicas así como a varios procesos que ocurren en el suelo, tales como la dispersión/floculación de los coloides, la estructura, la porosidad, la conductividad eléctrica, el régimen de humedad y la temperatura, la descomposición química, el movimiento del aluminio, manganeso y varios metales pesados que pueden ser tóxicos, la solubilidad del calcio, magnesio, molibdeno y fósforo que son importantes elementos nutritivos para las plantas, el desdoblamiento del material orgánico y la mineralización del nitrógeno porque regula la vida microbiana del suelo, la adsorción de aniones tales como los  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{CO}_3^{-2}$ , o  $\text{Cl}^-$  evitando la formación de compuestos insolubles, la ruptura de la estructura de los minerales que son componentes de las arcillas, las relaciones bacteria/hongos porque regula a la población bacteriana, interviene en la formación del humus, en la fijación del nitrógeno atmosférico y en el traslado y la absorción de los elementos nutritivos que las plantas requieren (Jordán, 2010).

### **Conductividad eléctrica**

La salinidad del medio edáfico está aumentando de manera continua y está afectando seriamente a la producción de los diversos productos alimenticios a escala mundial, con una tendencia a incrementarse continuamente. Además, es un fenómeno medioambiental, dejando de lado las dificultades originadas por el clima, es una de las causas de la degradación que se está produciendo en los suelos, lo cual perjudica a los principales cultivos

que se realizan para la obtención de alimentos que requiere la población. La salinidad es responsable de provocar diversas alteraciones fisiológicas y bioquímicas en el proceso metabólico de los vegetales, que permiten su normal desarrollo y productividad, afectando seriamente la economía de los productores. Considerándose que la obtención de especies de plantas resistentes al exceso de sales, significa un proceso demasiado extenso es un proceso muy extenso, se está buscando especies con indicadores eficientes, enfocando el mejoramiento de plantas como un proceso significativo en la obtención de genotipos en las diferentes especies cultivadas para lograr una mayor resistencia al estrés salino (Lamz y González, 2013). Lo más frecuente es la movilización de cationes y aniones liberados y transportados por el agua. En la contaminación salina antrópica, juega un rol importante el manejo inadecuado del suelo por parte del hombre. Riegos con aguas salinas, empleo de cantidades excesivas de fertilizantes, actividades industriales inadecuadas, pueden ser, entre otras, las causas de salinización de los suelos agrícolas tal como los señalan Porta *et al.* (2003).

Según Plaster (2005) las sales son sustancias químicas que explican una alta acumulación de compuestos más solubles que el sulfato de calcio, por lo tanto, las sales sales solubles que provocan serias alteraciones en el suelo son los sulfatos ( $\text{SO}_4^{-2}$ ), los bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ) y los iones cloro ( $\text{Cl}^-$ ), unidos a las bases cálcicas, magnésicas y sódicas provenientes de la descomposición de las rocas o del riego con aguas saladas. El exceso de sales en el suelo hace que los agregados se desmoronan y las partículas dispersadas taponan los poros, con lo cual disminuyen la porosidad, el aire y el agua circulan en el suelo con dificultad.

La salinización es un fenómeno, principalmente compuesto por la acumulación de sales solubles, tales como sales de potasio ( $\text{K}^+$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), cloro ( $\text{Cl}^-$ ), sulfatos ( $\text{SO}_4^{-2}$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^{-2}$ ) y bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ). Estas sales tienen un impacto negativo sobre las propiedades químicas y físicas del suelo y las raíces de las plantas, afectando al crecimiento, desarrollo y productividad de los cultivos (García, 2003). El término salino es utilizado cuando la conductividad eléctrica determinada en base al extracto de saturación sobrepasa a  $4 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  cuando la temperatura está a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  y el pH es  $>8,5$  (Fox,

2013). La presencia de una costra superficial salina es un indicador de un suelo salino, esta clase de suelos están ubicados en zonas de climas secos y se forman porque las lluvias son demasiado escasas o están ausentes, lo que hace imposible el lavaje y transporte de las sales hacia los estratos profundos o a la napa freática, produciéndose, en cambio, una elevada evaporación concentra las sales en los suelos. Uno de los factores relacionados con el proceso de salinización es el sistema de drenaje, además de controlar la acumulación de sal en el suelo, el sistema de drenaje también consta de una red de canales que recogen y conducen el agua a otras áreas (Fox, 2013).

En consecuencia, un drenaje restringido produce la salinización de los suelos, generando la acumulación de sales que causarán diversos efectos negativos, especialmente en las plantas que no toleran la salinidad, además de provocar una severa inhibición en el crecimiento. Además de retardar la nascencia de la semilla, disminuir el área foliar, desmejorar la producción de materia seca, producir necrosis y muerte de las hojas con una clara disminución de los rendimientos (Jordán, 2010). Se debe tener en cuenta que cuando un proyecto de irrigación empieza a funcionar, el agua debe ser abundante, para evitar el ascenso de la capa freática que en la mayoría de casos es salina, evitándose de esta manera la salinización del suelo. El grado de salinidad de un suelo es determinada mediante la conductividad eléctrica, cuyos valores determinarán los niveles de salinidad del suelo que serán expresados en  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$  (equivalente a  $\text{mmhos}\cdot\text{cm}^{-1}$ ).

### **Capacidad de intercambio catiónico**

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es una propiedad del suelo que es expresada en función a la presencia de cargas eléctricamente negativas que están ubicadas en la superficie específica de los minerales de las arcillas e hidróxidos del suelo y en los diversos componentes la materia orgánica del suelo, muy especialmente el humus que conjuntamente con la arcilla constituyen el coloide arcillo húmico del suelo. En otras palabras, la CIC representa la cantidad de cationes  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{+}$ ,  $\text{K}^{+}$ ,  $\text{Na}^{+}$ , etc que la superficie específica puede retener. Por lo tanto, la CIC muestra la aptitud que tiene el suelo para retener cationes y, en consecuencia, los elementos químicos que podrán ser potencialmente disponibles para las

plantas. La CIC técnicamente es expresadamente en unidades de centimoles de carga positiva por cada kg de suelo ( $\text{cmol.kg}^{-1}$ ) o también puede ser expresada en miliequivalentes de carga de un elemento nutritivo por cada 100 gramos de suelo ( $\text{me.100g}^{-1}$ ). Por lo tanto, el valor que está entre 15 y 25  $\text{cmol.kg}^{-1}$  o  $\text{me.100 g}^{-1}$  de suelo, es ideal en los suelos agrícolas. Los suelos arenosos que contienen niveles bajos de materia orgánica, se caracterizan por ser suelos con baja CIC (FAO, 2015).

#### **1.2.4. Materia orgánica del suelo**

La materia orgánica incluye la mezcla despojos de origen animal y vegetal que se encuentran en diversos estados de descomposición. En el caso de un bosque es producida por la necromasa de los árboles (hojarasca, troncos y ramas en descomposición). En las praderas está constituida por los residuos de las especies herbáceas que sirven para el pastoreo, en los suelos agrícolas se origina a partir de los restos de plantas cultivadas y por las fuentes orgánicas que son añadidas al suelo. La materia orgánica está formada por compuestos que básicamente contienen carbono. Los átomos de este elemento, a diferencia de otros elementos, adoptan de manera natural la forma de cadenas largas, estas cadenas que actúan como un almacén que tiene adheridos a otros elementos químicos como el H, O y S, formando varias sustancias orgánicas que son de importancia para sostener la vida (Plaster, 2005).

Los hidratos de carbono están formados por azúcares simples en forma de cadenas largas; donde un eslabón representa una molécula azucarada que tiene entre cinco o seis C en el cual están adheridos átomos de O. Un alimento de suma importancia para el organismo humano es el almidón que es una forma común de carbohidrato que se ha formado en las plantas. Una buena proporción de los tejidos de las principales hierbas, del fuste de los árboles y de la mayoría de plantas superiores está constituido por células celulósicas, que también son un tipo de hidrato de carbono, pero que adoptan una forma fibrosa larga como componente de los tejidos de los vegetales. Además, estos hidratos de carbono desempeñan una función alimenticia para los microvegetales que viven en el suelo, los mismos que tienen la capacidad

de descomponer a los carbohidratos dado origen al dióxido de carbono más agua. La mayor proporción de la planta está constituida por almidón y celulosa (Plaster, 2005).

Según Brady y Weil (2010), la materia orgánica está compuesta de complejas sustancias que contienen carbono, cuya descomposición ocurre cuando la flora de los suelos digiere rápidamente los materiales orgánicos, liberando dióxido de carbono y carbohidratos, cuyas funciones más importantes son: (a) almacenaje de nutrientes y agua; (b) aumentar la disponibilidad de nutrientes y mejorar la agregación del suelo; y (c) prevenir la erosión del suelo. Una cantidad significativa de elementos menores asimilables que tienen una función muy importante en la nutrición de las plantas, son componentes de la materia orgánica. Por lo tanto, los suelos deficientes o con bajos niveles de materia orgánica también manifestarán un escaso contenido de microelementos. Muy al contrario, aquellos suelos que tienen contenidos altos de materiales orgánicos, pueden presentar inconvenientes para la asimilación de algún elemento menor, especialmente en el caso del cobre, debido a una mayor estabilidad de los complejos orgánico metálico que le confieren al suelo una mayor estabilidad, haciendo que los cationes metálicos no se encuentren disponibles en cantidades que requieren las plantas para cumplir satisfactoriamente con su ciclo vital (Brady y Weil, 2010).

#### **1.2.5. El agua en el suelo**

El agua en el suelo tiene la capacidad de transportar en disolución a los elementos nutritivos, sales salubre, compuestos orgánicos solubles y contaminates, así como también a la materia en suspensión, que son absorbidos por las raíces de las plantas. La humedad del suelo como componente de la fertilidad física del suelo, tiene la capacidad de controlar la consistencia, la penetración de las raíces, las variaciones de la temperatura, etc. Por lo tanto, el manejo eficiente del suelo requiere del conocimiento de movimiento del agua en el suelo (Jordán, 2010).

Jordán (2010) agrega que el agua del suelo puede acumularse de la siguiente manera:



**La precipitación.** Principalmente las lluvias son la que portan la mayor parte del agua que disponen la mayor parte de los ecosistemas. Este aporte ser de manera continua o solo aportarse en periodos de tiempo, en relación con las estaciones del año.

**Las aguas subterráneas o también llamadas freáticas.** Estas aguas son de origen subterráneo y se encuentran formando la napa freática.

**Las nieblas y la humedad atmosférica.** Aunque significan un aporte muy débil pero ciertas ocasiones significa un tipo de aportación en los periodos estacionales secos, que pueden manifestarse de dos maneras:

a) **Agua gravitacional.** Es el agua que se infiltra debido a la fuerza de gravedad y se acumulan en los poros superiores a 10  $\mu\text{m}$  de diámetro macroporos y mesoporos. Tiene un movimiento vertical en zonas planas y oblicuas en lugares con cierta pendiente. Si los horizontes subyacentes del suelo tienen una permeabilidad es muy baja, el agua se acumula originando una capa de agua temporal que es conocida como “agua suspendida” o “agua colgada”.

El agua gravitacional se presenta de dos maneras:

- **Agua de flujo rápido.** Es el agua gravitacional que se mueve en los poros de mayor diámetro ( $>50 \mu\text{m}$ ). Este desplazamiento del agua ocurre poco después de una lluvia copiosa y después de un riego profundo.
- **Agua de flujo lento.** Es el agua gravitacional que se desplaza por varios días o semanas por los poros que tiene entre 10 a 50  $\mu\text{m}$ , esto ocurre luego de la lluvia y del riego.

b) **Agua Retemida.** Es el agua que está en los mesoporos y microporos del suelo, debido a que las fuerzas ascendentes de la capilaridad, son superiores que las fuerzas gravitacionales, manifestándose en forma de agua capilar y agua higroscópica.

- **Agua capilar.** Esta agua está almacenada en los poros de tamaño medio (mesoporos) y es el tipo de agua que las plantas las pueden utilizar.

- **Agua higroscópica.** Agua retenida en los poros más pequeños (microporos) y que dan origen a una capa demasiado fina que está recubriendo las paredes de las partículas del suelo. Estas aguas están retenidas fuertemente, razón por la cual no son absorbidas por el sistema radicular de las plantas.

#### **1.2.6. Importancia del agua del suelo**

El agua es fuente de vida muy dinámica que de acuerdo con la cantidad y calidad es indispensable para las plantas, no sólo como un elemento fundamental y necesario, sino también por ser el medio de transporte de los elementos nutritivos y de otras sustancias requeridas por la vegetación. Por lo tanto, es necesaria la reposición de las pérdidas del agua que sufre el suelo como consecuencia de la evaporación y por la transpiración que se produce durante el ciclo vegetativo del cultivo (Castillo, 2017). La calidad del agua será beneficiosa cuando está presente en cantidades óptimas permitiendo el desarrollo normal de las plantas, o será negativa cuando se encuentra en niveles altos o excesivos, causará un proceso de lavaje acelerado de los elementos nutritivos, al contrario, cuando el agua del suelo es escasa y la evaporación es alta, ocurrirá la acumulación de las sales disueltas que se concentrarán en la capa superficial, afectando seriamente a las plantas.

Por otro lado, una cuenca hidrográfica abarca todo el territorio cuyas aguas confluyen hacia un río, lago o mar. Dentro de una misma cuenca se pueden encontrar diferentes microclimas debido a que la temperatura, la insolación y la humedad, son diferentes de acuerdo con la altitud del terreno. Estas variaciones son la causa de la existencia de diferentes pisos ecológicos con una fauna y flora característicos. El agua de los ríos recorre desde las partes más altas hacia las zonas más bajas. En las zonas con pendiente pronunciada el agua se desplaza con mayor velocidad y fuerza produciendo la erosión de las riberas, especialmente cuando no están protegidas por la vegetación. En las zonas cercanas a las desembocaduras, la velocidad del agua se reduce y el caudal se incrementa, produciéndose la sedimentación o deposición selectivas del suelo arrastrado, primero las partículas de mayor tamaño y finalmente las más finas (FAO, 2006).

Los más grandes depósitos de aguas estacionales son los lagos que están ubicados en zonas depresionadas de la superficie terrestre. Estos lagos son alimentados de manera general, por las aguas de ríos o por el agua producida por los deshielos. Asimismo, los excesos de agua son evacuados mediante otros ríos, aunque se pueden encontrar lagos que tienen una cuenca cerrada. Según la profundidad, en el interior de un lago existen variaciones en la temperatura del agua y en la cantidad de luz solar que llega a las zonas más profundas y debido a estas condiciones la vida de la fauna y flora está condicionada a cada nivel, donde sólo podrán ser encontradas aquellas especies que han logrado adaptarse a las condiciones especiales que poseen (FAO, 2006).

### **1.2.7. Riegos**

Zegarra (2005) remarcó que el proceso histórico de la gestión del agua en el Perú y en los países del mundo ha sido muy similar porque, con las peculiaridades que poseen cada país, en los modelos de desarrollo agrario y nacional, hubo preponderancia de haciendas. Esto cambió a fines del siglo pasado con la aprobación de la Ley General de Aguas (1969) que estableció un sistema completamente diferente en el Perú casi al final del siglo pasado mediante la aprobación de la Ley General de Aguas del año 1969, algo similar también ocurrió en otros países del continente. Es a partir de esa fecha que el riego en el país toma una aceptación involucrando de manera directa a cerca de un millón de productores en el ámbito nacional, convirtiéndose la región costera que en su totalidad de las tierras agrícolas destinadas a la producción bajo riego. Asimismo, diversas evidencias señalan que el riego ha sido y sigue siendo muy importancia que tiene y seguirá teniendo la agricultura en la costa, así como en la sierra debido al impacto que está causando sobre la productividad de la tierra.

El problema actual con respecto al agua se debe a que los agricultores tienen muchas dudas y desconfianza para incorporar las practicas relacionadas con el manejo tecnificado del recurso hídrico que es sugerido por los profesionales especialistas. Estas condiciones, entre otras, no permiten una buena distribución del agua o simplemente la distribicion del agua no es concordante con la cantidad de agua que el productor requiere. Por otro lado, manejar el

agua en sistemas mucho más complejos se vuelve una tarea complicada que exige, aparte de la técnica, de ciertas habilidades en el aspecto social y el manejo de la información y, en muchos casos, de la persuasión (Zegarra, 2005).

A partir de 1969 en el país se estableció un modelo de uso del agua donde fue considerado que el Estado no solo es dueño de este recurso sino de todos los recursos naturales en general, siendo responsable de la gestión de este recurso. El modelo adoptado encontró una serie de dificultades en los últimos 25 años, originando el paso a otro modelo, donde se mantiene la propiedad del agua, pero ya no por el Estado sino por la nación, en concordancia del mandato de la constitución. Como consecuencia de una serie de preocupaciones nacionales e internacionales, actualmente se intenta mejorar el tema de la eficiencia en el uso del agua (Del Castillo, 2015). Casi el 70 % del agua dulce consumida en el mundo se concentra en el sector agrícola; sin embargo, en la mayoría de países, el uso eficaz del agua es menor al 50 %. Aunque las técnicas nucleares e isotópicas proporcionan datos sobre el uso del agua, las pérdidas mediante la evaporación del suelo, todavía no contribuyen eficientemente en optimizar los programas de riego y a mejorar la eficiencia en el uso del agua. Se estima que alrededor del año 2050 la necesidad de agua en la agricultura sufrirá un aumento del 50 % para satisfacer la demanda en crecimiento de alimentos de una población que será cada vez mayor. Así mismo, las reservas mundiales de agua dulce están disminuyendo a causa de una mala gestión y un uso indiscriminado, a lo que se suma el cambio climático. En diversas zonas del mundo, la escasez de agua y su calidad deteriorada significan un grave problema que está afectando seriamente a la seguridad alimentaria y a la sostenibilidad medio ambiental futuras (Organismo Internacional de Energía Atómica [IAEA], 2022).

Para garantizar la seguridad alimentaria y la gestión sostenible del agua dentro del campo agrícola, se requiere urgentemente obtener mayores rendimientos de los cultivos por cada gota de agua utilizada en la agricultura a la par con un incremento en la eficiencia en el uso del agua, sin producir efecto negativo alguno sobre la cantidad ni la calidad de las aguas que sirven en la cuenca más bajo o inferior. Asimismo, el mejoramiento en el uso del recurso hídrico debe sostenerse en un esquema integral que considere la gestión del suelo, la presencia misma del agua, la diversidad de plantas y la disponibilidad de los elementos

nutritivos. Para el logro de ello debe incluirse la optimización del calendario de riego, en base a sistemas de riego más eficaces y económicos, como el riego por goteo. Asimismo, se debe incrementar los niveles de fertilidad de los suelos agrícola con el fin de garantizar un normal crecimiento de los cultivos, evitando que estos sean afectados por la falta de nutrientes o por deficiencias físicas. En resumen, cada gota de agua debe ser aprovechada en su totalidad, haciendo que los cultivos absorban el agua eficazmente al implementarse un calendario de riego estricto basado en las necesidades de la demanda de agua que tenga cada uno de los cultivos en base a las condiciones ambientales imperantes (IAEA, 2022). Pereira (2010) agrega que al manejar el riego debe tenerse en cuenta que esta práctica significa una combinación que sirve para cubrir en el momento oportuno, los requerimientos hídricos de un determinado cultivo en estrecha relación con las propiedades, así como disposición del agua en el suelo, para el almacenaje y su distribución en los terrenos cultivados.

### **1.2.8. Tipos de riego**

#### **Riego por gravedad**

Fernández *et al.* (2010) definen al riego gravedad o también llamado riego por superficie como un sistema de riego mediante el cual se aplica el agua al suelo para ser distribuido solamente por acción de la fuerza de gravedad. Sin embargo, involucra diversas tecnologías mediante las cuales el agua que es aportada a la parcela es distribuida a lo largo, cubriendo totalmente o sólo una porción de la superficie. Para que el agua se distribuya en la parcela a irrigarse no requiere del suministro de presión alguna, distribuyéndose o virtiéndose de manera libre. El riego por gravedad es el método que fue utilizado desde la antigüedad en todos los lugares del planeta e incluso en la actualidad se siga usando. Además, este tipo de riego fue la base para el surgimiento de varias técnicas de aplicación del agua por gravedad. Además, recientemente, es estimado que todavía casi el 95 % de las tierras de cultivo del mundo, están irrigadas por este sistema. El riego por gravedad tiene como fundamento el movimiento del agua que se inicia en la cabecera del terreno, lugar desde donde se distribuye el agua, hasta llegar más tarde al lugar final que es conocido como la cola pasando por puntos diferentes ubicados dentro de la parcela irrigada y que están cubiertos por el agua de riego en periodos diferentes de tiempo. Según que el agua está avanzando, va infiltrándose en el

suelo para estar disponible para las plantas, pero esta disponibilidad será dependiente de las propiedades del suelo, así como del tiempo que el agua permanecerá en el terreno.

### **Ventajas**

Fernández *et al.* (2010) explican que los beneficios del riego por gravedad con relación a los otros tipos de riego, son los siguientes:

- No necesariamente requiere de un nivelamiento previo y de mantenimiento constante de las formas de su distribución, por lo tanto, se le considera como el método de riego menos costoso.
- Los riegos por gravedad no sufren los efectos negativos del clima expresados por la fuerza y dirección del viento, las variaciones de la humedad atmosférica, entre otros, los mismos que si afectan negativamente cuando el riego es por aspersión.
- Mediante los riegos por gravedad se hace posible la irrigación con aguas de baja calidad (salvo exceso de sales), consideradas como no aptas para otros tipos de riego, especialmente cuando de riego localizado se trata.
- Este método solo requiere del consumo de energía cuando se tuviera que elevar el agua desde un punto de origen de bajo nivel hacia un reservorio más alto en donde será almacenada el agua para su distribución.
- El riego por gravedad produce un movimiento del agua en sentido vertical, principalmente al momento de la infiltración, característica que es útil para el lavado de las sales que se encuentran en exceso.
- Los materiales utilizados para el uso y control del agua para una buena distribución son de bajo costo e incluso pueden ser implementadas con el propio suelo.

### **Desventajas**

- En terrenos en pendientes es imposible el uso de este tipo de riego debido a que al desviarse el agua puede impedir la correcta distribución de este importante elemento.
- La aparición de malezas y enfermedades de tipo fungoso se hace propicio cuando los suelos alcanzan un alto grado de humedad (Fernández *et al.*, 2010).

## **Riego por aspersión**

Demin (2014) explica que el riego por aspersión consiste en la aplicación del agua de manera similar al agua de lluvia que cae sobre la planta. En este tipo de riego, el agua es conducida por sistema de tuberías a presión y al llegar al aspersor el chorro de agua rompe en muchas gotas que caen sobre el suelo. Es un método de riego que la fuerza de viento no afecta ni causa pérdidas de efectividad del riego, además, debe tenerse en cuenta que el agua, al cubrir la mayor parte del suelo, sufre mayores pérdidas causadas por la evaporación. Además, es un sistema que requiere de mayor energía debido a la necesidad de requerir una elevada presión para su funcionamiento. No debe dejarse de lado de que la velocidad de aplicación de la lámina de riego debe ser similar a la que cae la lluvia, de igual manera con el fin de no producirse el escurrimiento superficial del agua, la cantidad de agua a irrigarse debe ser en un porcentaje similar o menor de la capacidad de infiltración del agua en el suelo, con el fin evitar el escurrimiento superficial. En el riego por aspersión pueden utilizarse aspersores con capacidad de arrojar caudales de  $600 \text{ L. hora}^{-1}$  o más y con fuerzas de presión cercanas a  $2,5 \text{ kg.cm}^{-1}$  (baja presión) hasta  $4,5 \text{ kg.cm}^{-1}$  (alta presión).

### **Ventajas**

- Aunque su costo es alto, es uno de los sistemas de riego más usados ya que su eficiencia es mucho mayor a otros tipos de riego.
- Además de cubrir distancias grandes terrenos, se adaptan a todo tipo de parcela.
- Estos sistemas tienen una mayor vida útil permitiendo automatizar el riego.

### **Desventajas**

- Los costos por mano de obra para la implementación de este sistema de riego son mayores y complejos requiriendo mayor conocimiento para su instalación.
- También puede contribuir a la mayor presencia de malezas, plagas y enfermedades que afectarían a los cultivos (Demin, 2014).

## **Riego por goteo**

Es un tipo de riego muy utilizado en las zonas áridas y se fundamenta la distribución del agua más los fertilizantes sobre o dentro del suelo, llegando directamente a la zona radicular de las especies cultivadas. El agua llega al suelo mediante una red de tuberías de polietileno o PVC hidráulico mediante tubos rígidos en las líneas principales de donde se reparten líneas laterales con tubos de polietileno flexibles (Liotta, 2015). Las fluctuaciones de humedad que se producen con los otros tipos de riego son nulas con el riego por goteo, ya que la humedad del suelo es continua porque se puede aplicar este tipo de dos a tres veces por día, tanto a cielo abierto como en cultivos en invernaderos. Su uso es más recomendable para cultivos anuales y perennes sembrados en hileras, así como su uso posible en la hidroponía, cuyos rendimientos superan notoriamente a los cultivos sembrados directamente en el suelo (Liotta, 2015).

Mendoza (2013) agrega que las ventajas y desventajas del riego por goteo son las siguientes:

### **Ventajas**

- ✓ Facilita el crecimiento del sistema radicular al mantener una humedad constante, renovando el volumen de agua presente en el suelo, permitiendo, además, la aplicación de los fertilizantes junto con el agua.
- ✓ Al no mojar todo el suelo, ofrece no solamente un menor gasto de agua sino la ventaja importante para reducir la posible germinación de malezas.
- ✓ Disminuye el gasto de agua y la eficiencia del uso del agua se incrementa notablemente.
- ✓ El riego por goteo es compatible con otras labores agronómicas como podas, estutorado y uso de pesticidas, adaptándose a terrenos rocosos o con pendientes significativas.

### **Desventajas**

- ✓ Este método de riego tiene el inconveniente de que el sistema de goteo puede taponarse bloqueando la normal infiltración del agua de correctamente.



- ✓ La inversión inicial es alta ya que su diseño, instalación, manejo y mantenimiento requieren de personal técnico altamente capacitado, incidiendo en que su costo sea alto (Mendoza, 2013).

### **1.2.9. El cultivo del palto**

Según Ataucusi (2015) la *Persea americana* Mill “palta” es conocida desde la Época Precolombina, encontrándose diversos ecotipos en las zonas tropicales y subtropicales que se expande desde el Perú y llega a México. Los “paltos” cultivados en esta vasta región americana y muchas partes del mundo, dando rendimientos que superan ampliamente a los dos millones de producción por cada año. Diversos estudios hechos en Europa, así como en norteamérica han demostrado que los frutos de la “palta” tienen una calidad alimentaria muy útil para la salud por proporcionar un contenido muy significativo de nutrientes y de aceites que superan ampliamente a otros frutos. La “palta”, además, de brindar un aceite de calidad que oscila entre 8 a 30 %, en función al carácter varietal, contiene luteína, que es una proteína que tiene la capacidad de aliviar enfermedades oculares en los adultos mayores. En la actualidad, se tienen muchas variedades de paltas, pero muy pocas son aptas para el comercio local e internacional. Las variedades más conocidas son las siguientes: Fuerte, Hass y Naval, que pueden comercializarse en todo el año, además de tener una gran demanda durante las variadas épocas de producción.

Sánchez (2008) señala que el fruto de la palta es usado como un complemento principal de diversos platos alimenticios en muchos lugares de América y el mundo. En el país mexicano es conocido con el nombre de aguacate, en norteamérica se le llama avocado y en Portugal se le denomina abocate. La “palta” presenta las características especiales con respecto a su maduración, la misma que no se realiza en forma total sino que la maduración es completada después que la fruta ha sido separada del árbol, ya que luego del corte, el ritmo respiratorio de los frutos se incrementa, propiciando la generación de etileno que tiene la capacidad de almacenarse en los tejidos del fruto, produciendo notorios cambios con respecto a la maduración, como el ablandamiento, cambios en el color, sabor y textura de la parte comestible de los frutos.

El contenido de aceite de la palta es usado para definir el momento para la época de la cosecha de la “palta” es determinada en función del contenido de aceite que retiene. Martínez y Richard (2005) afirman que, los estándares internacionales recomiendan un contenido de aceite desde 8 al 11 %. Asimismo, también es un buen indicador del contenido de aceite el porcentaje de humedad que debe ser del 77 %, aproximadamente. Sánchez (2008) explica que la “palta” está lista para ser cosechada cuando el árbol alcanza etapa particular que le permite madurar después de haber sido cosechada, manteniendo la textura y los compuestos organolépticos agradables para el consumo. En consecuencia, el nivel de maduración en el momento de la cosecha tiene un efecto muy importante para el almacenaje satisfactorio. La madurez ideal para la “palta” sea cosechada, es influenciada por las condiciones del tiempo considerado para su almacenamiento.

### **Principales variedades de palta**

Existen tres razas de palta: (a) mexicana. (b) guatemalteca y (c) antillana. Con estas razas se pueden hacer diversos cruces. Pero únicamente tiene importancia económica los cruces de la raza guatemalteca por mexicanas, y mexicanas por antillanas. Las variedades más importantes son: Hass, Fuerte y Itzamna (Proyectos Peruanos, 2016):

- **Hass.** Es una variedad de “palta” es natural de California producida en 1920. En su genética destaca la participación de la raza guatemalteca que participa en niveles de 85 a 90 %. La “Palta Hass” fue introducida al Perú en 1960. Esta variedad se caracteriza por tener rendimientos uniformes a través del tiempo, es decir, no es alternante con respecto a la producción. La planta tiene un porte mediano y es muy sensible a las bajas temperaturas, especialmente cuando está en la fase de floración. Asimismo, esta variedad es afectada por la humedad atmosférica y por acción de la intensidad de los vientos. La “palta Hass” se ha adaptado a las condiciones de la costa y de la selva peruana y puede ser sembrada hasta una altitud de 1 200 m s.n.m.

El fruto es periforme con un peso promedio de 200 a 300 g, con una resistencia al transporte y con larga vida postcosecha. Puede mantenerse en el árbol por bastante tiempo sin sufrir mermas importantes en su calidad. Su pulpa es cremosa con excelente sabor, casi no tiene fibras. Su contenido de aceite está entre 16 a 22 %, siendo las dos terceras partes de este aceite menos saturado, por lo que es beneficioso para el corazón porque evita la acumulación del colesterol en el cuerpo humano (Sánchez, 2008).

- **Fuerte.** Esta variedad de palta tiene a México como su centro de origen y presenta varias líneas. Adopta la denominación de “fuerte” porque resistió una severa helada ocurrida el 1913 en el estado de California, Estados Unidos. Esta variedad tiene la desventaja de tener un año de buen rendimiento y otro de baja producción, lo cual es conocido como alternancia. La planta de esta variedad es de porte alto, muy sensibles tanto al frío como a temperatura elevadas, es moderadamente tolerante al ataque de los ácaros fitófagos. El fruto es piriforme, la pulpa es amarillenta con un buen sabor y calidad. Su contenido de aceite está entre 16 a 26 % (Proyectos Peruanos, 2016).
- **Itzamna.** Es una variedad guatemalteca de tamaño medio con 450 a 600 gr. Su color es verde oscuro, tiene pulpa gruesa y amarillenta, no tiene fibra, es de sabor agradable y es apropiado para cultivar desde los 200 hasta 1 500 m.s.n.m.

### **Necesidades edáficas de la “palta”**

Según Lao (2013), las características del suelo tienen una función muy significativa para la mejora tanto en cantidad como en calidad de la producción de la “palta”. El suelo es el principal soporte de la planta donde se fija el sistema radicular y de donde la raíz absorberá los nutrientes necesarios para su desarrollo. La evaluación y selección de los suelos para este cultivo debe basarse en el conocimiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas, las mismas que se puede conseguir mediante el análisis completo del suelo. El análisis del suelo proporciona la información necesaria para conocer el contenido de los elementos nutritivos que son esenciales para la nutrición eficiente de la “palta”. En relación con la textura, la “palta” requiere de suelos de texturas medias (francos), profundos y con buen drenaje, sin la presencia de horizontes o capas inferiores duras. Para evitar este inconveniente

es recomendable subsolar el terreno a 0,80 m de profundidad previo a la siembra, para darle más soltura al terreno, labor que debe hacerse cuando el terreno está casi seco.

El contenido ideal de materia orgánica para el cultivo del palto es de 4 a 5 %, este contenido ayudará a estabilizar e incluso acrecentar la mejora de las características del suelo; siendo, asimismo, considerado como un recurso adicional para el incremento de los elementos nutritivos. Además, la adición de la materia orgánica mejorará la condición estructural, así como las condiciones de agregación de los suelos, produciendo un mejoramiento en el proceso de infiltración del agua hasta alcanzar a las raíces, evitando las consecuencias producidas por la erosión. Otro efecto de la materia orgánica es equilibrar la textura del suelo, los suelos arenosos mejorarán en su capacidad retentiva de agua y en los suelos arcillosos la materia orgánica ayudará a disminuir la plasticidad. La materia orgánica que se degrada de forma rápida en el suelo es también una fuente de nutrientes por lo que puede considerarse como fertilizante y la otra fracción de la materia orgánica que se descompone lentamente tiene la función de mejorar las propiedades del suelo. El rango de pH del suelo más apropiado para la “palta” está entre 5,5 y 6,5. Si el pH es 8,0 o mayor, indica la presencia en niveles altos de material calcáreo que puede ocasionar severas limitaciones o deficiencias de algunos nutrientes para el cultivo, como es el caso del hierro (Fe), que se inmoviliza por la alta basicidad del suelo, lo cual es un problema común en la región costera peruana, donde los suelos tienen pH alto o básico en mayor o menor grado, lo cual puede ocasionar deficiente en el desarrollo del palto especialmente en la etapa juvenil. Así mismo, si los suelos que están soportando el cultivo del palto y son muy ácidos con pH menores a 5,5 algunos elementos, como el caso de los elementos menores se vuelven muy solubles y pueden perderse rápidamente por lavaje producido por el agua de lluvia o de riego y también pueden volverse muy tóxicos como sucede en el caso del exceso del aluminio, el hierro y del manganeso (Sánchez, 2008).

En estas condiciones el uso de una enmienda calcárea es obligatoria, como el uso de carbonato de calcio ( $\text{CO}_3\text{Ca}$ ). Esta enmienda debe ser incorporada al suelo entre 2 a 3 toneladas en periodos de 2 o 3 años con la finalidad regular el pH. Además, no debe dejarse

de tener en cuenta que en el suelo existen diferentes constituyentes, especialmente las sales como los cloruros, nitratos, sulfatos, carbonatos y bicarbonatos; si estos compuestos superan valores máximos, las plantas, especialmente las más susceptibles, pueden ser afectadas por el efecto tóxico de estas sales. El exceso de sales es negativo para la “palta” y se considera que el aumento en  $1 \text{ dS.m}^{-1}$ , ocasiona una disminución aproximada del 21 % en la productividad potencial de esta especie vegetal. El cultivo de la “palta” sólo tolera hasta  $2 \text{ dS.m}^{-1}$  de conductividad eléctrica (Lao, 2013).

### **Riegos en el cultivo de la palta**

Según Ferreyra y Selles (2017) el consumo anual de la “palta” en sistemas de riego por inundación es de  $12\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$  de agua. Experiencias de campo informan que en plantaciones de 10 años bajo riego por goteo solo se necesitan  $8\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ . Asimismo, en suelos con cobertura vegetal muerta (mulch), o con contenidos altos de materia orgánica, tiene la capacidad de retener mayor retención de agua, por lo tanto, las plantas tendrán mayor humedad disponible, los periodos más importantes de necesidad de agua sin afectar la producción de la palta son el proceso de floración y los 100 primeros días del cuajado del fruto.

Cuando se tiene riego por goteo con una temperatura de  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , las plantas de “palto” requieren de mayor humedad ambiental, especialmente en la fase de desarrollo de los frutos, esta demanda es mucho mayor y en muchos casos se debe emplear sistemas de riego que proporcionen  $9 \text{ mm}$  cada 24 horas. Cuando las parcelas productivas tienen plantaciones adultas, se debe aumentar los puntos en contacto del agua con el fin de incrementar la humedad en la zona que se encuentra por debajo la copa de la planta, para lo cual se debe implementar líneas de goteo de  $2 \text{ L.h}^{-1}$  cada una. Cuando el riego es el tradicional (por inundación) se debe tener en cuenta la cantidad de agua o de no sobresaturar con agua al suelo. En el área obtenida mediante la proyección de la copa de la planta, se debe tener un surco circular con el fin de que la absorción de agua mejore, debido a que la estructura deficiente del suelo, así como la sobre saturación y el drenaje imperfecto del agua, causarán la propagación acelerada para el desarrollo del *Phytophthora cinnamomi* Rand y otras

enfermedades fungosas que afectarán e incluso puedan causar la muerte de la planta. La frecuencia recomendada para el riego por inundación debe ser cada dos semanas en invierno y una semana entre los meses de octubre a diciembre (Ferreyra y Selles, 2017).

Osorio (2010) explica que un programa de riego tiene el objetivo de cuantificar, relacionar y equilibrar la cantidad de agua disponible (AD) que tiene un suelo, y teniéndose en cuenta la evapotranspiración del cultivo se proveerá mediante el riego, lo que significa que las plantas dispondrán de la suficiente humedad para satisfacer sus exigencias hídricas. Esto significa que tanto en el crecimiento como en el desarrollo vegetativo de las plantas de “palta”, la disponibilidad de agua está relacionada estrechamente con el déficit hídrico, cuyos parámetros como la altura de la planta, el diámetro de los troncos y los cambios diurnos de este último, son notoriamente afectados por la falta de agua. Además, por medio del riego se puede controlar el desarrollo y crecimiento vegetativo de las plantas tanto en la etapa juvenil como adultez. El efecto del riego excesivo sobre el crecimiento de plantas adultas, causará una disminución en el rendimiento, debido al sombreamiento de las ramas que se han desarrollado en exceso. Al controlar el régimen de riego de manera técnica y oportuna, se puede acelerar el crecimiento de árboles jóvenes adelantando de esta manera la producción o cambiando el equilibrio entre crecimiento y productividad. En la actualidad es común acelerar el crecimiento de los árboles mediante el manejo del riego y restringir este crecimiento mediante el uso de reguladores. Un árbol requiere consumir agua como cualquier organismo con vida para culminar normalmente su ciclo de vida. Las plantas succionan el agua que requieren mediante su sistema radicular. Posteriormente, el agua será transportada por el tallo o el tronco con dirección hacia las ramas, ramillas y hojas, zonas por donde será eliminada hacia la atmósfera adoptando el estado de vapor de agua, proceso que es conocido como transpiración.

## **CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Diseño de la investigación**

La investigación tuvo un diseño no experimental con el nivel de exploratorio y aplicativo, ya que se permitió encontrar las variaciones en la textura, densidad aparente, porosidad, pH, salinidad y contenido de materia orgánica, tanto en un suelos bajo riego por goteo (riego tecnificado) comparado a un suelo irrigado en forma tradicional o por inundación o gravedad (riego convencional), sin manipulación de la información obtenida mediante el análisis de las muestras colectadas en los suelos que en la actualidad están soportando el cultivo del palto, variedad Hass, bajo riego tradicional y tecnificado (Hernández *et al*, 2010). La descripción de los perfiles de suelos realizados *in situ* se hizo teniendo en cuenta el Manual para la Descripción de Suelos proporcionado por FAO (2009).

### **2.2. Lugar y fecha**

El presente trabajo de investigación se desarrolló en suelos del distrito de Végueta ubicada en el Valle de Huaura, irrigados por las aguas del río Huaura, cuya Administradora Local de Agua (ALA) Huaura, se encarga de administrar las aguas de uso agrario y no agrario en el ámbito de su jurisdicción, dependiendo jerárquicamente de la Autoridad Administrativa del Agua Cañete-Fortaleza y de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), tal como reporta Musayón (2016).

El clima de Végueta es desértico correspondiendo a la clase BWh de la clasificación del clima de Köppen-Geiger. La temperatura media anual es de 19,1 °C con escasa precipitación alrededor de 8 mm anuales, con una diferencia de 1 mm entre los meses más

secos y los más húmedos. El mes más seco es marzo con 0 mm de lluvia y la mayor parte de la precipitación cae en el mes de enero con un promedio de 1 mm. Las temperaturas varían anualmente en un rango de 6 °C, Siendo febrero el mes más cálido del año, con una temperatura de 28,2 °C y agosto el mes más frío con un promedio de 13,5 °C (Climate Data Org., 2016). De acuerdo con Holdridge (1995), el piso ecológico en que se ubica Végueta es desierto de secano subtropical.

La principal actividad que están desarrollando los productores del distrito de Végueta es la agricultura, dedicados a la producción de diversas especies de frutales e industriales, además de otros productos de pan llevar para satisfacer el mercado local, regional e incluso internacional. La tecnología empleada es variada dependiendo del tipo del cultivo y la actividad que se realiza. Como ejemplo, en el cultivo de chives o cebollin se da valor agregado mediante la deshidratado y utilizando envases de alta calidad para luego exportarlos. En el caso del melocotón los agricultores están produciendo néctares de alta calidad nutritiva. Asimismo, la mayor parte de la transformación de la producción es realizada por la empresa privada que acopia la mayor parte de la producción de la región, especialmente en *Gossypium hirsutum* L. “algodón”, *Saccharum officinarum* L. “caña de azúcar”, *Asparagus officinalis* L., “espárrago”, *Capsicum annuum* L. “páprika”, y *Cynara scolymus* L. “alcachofa”. Además, se cultivan *Solanum tuberosum* L. “papas”, *Zea mays* L. “maíz”, y diversas hortalizas y frutales cítricos. Las posibilidades de negociación con los mercados internacionales en base a los convenios de libre comercio, está permitiendo a los agricultores ampliar las áreas agrícolas y a la transformación de la producción según el requerimiento del mercado local, regional, nacional e internacional (Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI], 2009).

La ejecución del proyecto de investigación tuvo una duración de ocho meses, iniciándose en mayo y concluyendo en el mes de octubre del año 2018.



### 2.3. Población y Muestra

La población estuvo constituida por todos los suelos de Vegueta - Huaura cultivados con “palto” de la variedad Hass por periodos de más de 10 años e irrigados por dos sistemas de riego: gravedad y goteo.

La muestra estuvo representada por los suelos ubicados en dos fundos: “El Huerto de los Olivos” y “El Cascajal” que tienen establecidas plantaciones de palto, donde se ubicaron las parcelas de estudio y los puntos de muestreo de acuerdo con el plano base, de la siguiente manera:

**Fundo “El Cascajal”:** Este fundo está ubicado en el centro poblado San José de Tiroler a la altura del km 159,5 de la carretera Panamericana Norte, contando con 10 lotes que sumados representan 25 ha cultivados con “palto” Hass, con un marco de siembra de 4 x 3 m y con una antigüedad de 10 años. Este fundo es irrigado por goteo. Las muestras fueron tomadas al azar en los lotes 1, 2 y 3, donde se fijaron los puntos de muestreo (Tabla 1).

**Fundo “El Huerto de los Olivos”:** Este fundo también está ubicado en el centro poblado de San José de Tiroler ubicado a la altura del km 159,5 de la carretera Panamericana Norte y separado por una distancia de 500 m del fundo anterior. Este fundo cuenta con una parcela de 10 ha destinadas a la producción de “palta” Hass irrigado por gravedad. Las muestras para la presente investigación fueron tomadas al azar en los puntos de muestreo establecidos en el plano base (Tabla 1). El cultivo en este fundo también tiene un marco de siembra 4 x 3 m y la edad de las plantas es de 10 años (ver Apéndice 1).

**Tabla 1***Puntos de muestreo*

<b>FUNDO</b>	<b>CALICATA/ PROFUNDIDAD DE MUESTREO</b>	<b>PUNTO DE MUESTREO</b>
Fundo “El Cascajal” (Con riego por goteo)	• <b>Calicata 1:</b>	
	0-20 cm	1A
	20-60 cm	1B
	• <b>Calicata 2:</b>	
	0-20 cm	2A
	20-60 cm	2B
Fundo “El Huerto de los Olivos” (Con riego por gravedad)	• <b>Calicata 3:</b>	
	0-20 cm	3A
	20-60 cm	3B
	• <b>Calicata 1:</b>	
	0-20 cm	4A
	20-60 cm	4B
	• <b>Calicata 2:</b>	
	0-20 cm	5A
	20-60 cm	5B
	• <b>Calicata 3:</b>	
	0-20 cm	6A
	20-60 cm	6B

#### 2.4. Técnicas de Recolección e instrumentos

La descripción morfológica de los seis perfiles de suelos se hizo de acuerdo con las fichas de descripción de perfiles (ver Apéndice 4) basados en el Manual para la Descripción de Suelos proporcionado por FAO (2009). Las variaciones de las propiedades del suelo fueron evaluadas de acuerdo con las tablas (ver Apéndice 2) consideradas en el Manual de Campo para la Descripción y Muestreo de Suelos sugeridos por Schoeneberger *et al.* (2012).

#### 2.5. Descripción de la investigación

La descripción del experimento fue desarrollada teniendo en cuenta cuatro fases. Fase preliminar, fase de campo, fase de laboratorio y fase de gabinete, tomándose en cuenta el sílabo desarrollado de la asignatura de Seminario de Tesis de la Facultad de Ingeniería

Agraria de la Universidad Católica Sedes Sapientiae (UCSS, 2017) y las pautas seguidas por Mejía (2019), las mismas que están descritas de la siguiente manera:

### **Fase preliminar**

En esta se realizaron las siguientes actividades:

- Reconocimientos del área en estudio.
- Acopio de la información necesaria referentes a la zona en estudio.
- Obtención de la información bibliográfica y material informativo requeridos.
- La elaboración del mapa base con la ubicación de los puntos de muestreo.

### **Fase de campo**

Esta fase comprendió las siguientes actividades:

- ✓ Construcción de seis calicatas de acuerdo con el mapa base y en los puntos de muestreo previamente determinados, el número de calicatas construidas se hizo teniendo en cuenta los permisos de los propietarios y los recursos económicos con los que se disponía.
- ✓ Descripción morfológica de las calicatas, teniendo en cuenta dos profundidades: de 0 a 20 cm y de 20 a 60 cm.
- ✓ Toma de muestras de suelos para el análisis respectivo, teniendo en cuenta dos profundidades: de 0 a 20 cm y de 20 a 60 cm.

### **Fase de laboratorio**

En esta fase fueron analizadas las muestras de suelos colectadas en la fase de campo de la siguiente manera:

- a. En el Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Agraria de la Universidad Católica Sedes Sapientiae situada en el centro poblado de Mazo, distrito de Végueta de la provincia de

Huaura, ubicado en el km 159 de la Antigua carretera Panamericana, fueron evaluadas las siguientes características del suelo:

- (a) Humedad de los suelos (en las dos profundidades de cada perfil), (b) Estructura del suelo, por el tipo o forma, (c) Color del suelo, (d) Pedregosidad y gravosidad de los suelos, (e) Densidad del suelo (Densidad de partícula y densidad aparente) y (f) Porcentaje del espacio poroso del suelo.
  
- b. En el Laboratorio de Suelos, Fertilizantes y Aguas de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, fueron analizadas las muestras de los suelos materia del estudio. Las características edáficas analizadas fueron las siguientes: (a) pH, (b) Conductividad eléctrica, (c) Contenido de carbonatos, (d) Contenido de materia orgánica, (e) Fósforo disponible, (f) Potasio disponible, (g) Textura del suelo, (h) Capacidad de intercambio catiónico, (i) Cationes cambiables, y (j) Porcentaje de saturación de bases.

### **Fase de gabinete**

En esta fase, luego del ordenamiento y tabulación de los datos obtenidos tanto en la fase de campo como en la fase de laboratorio, se hizo la interpretación de los resultados obtenidos para finalmente redactar el informe final del trabajo de investigación.

### **2.6. Identificación de las variables y su mensuración**

Las variables consideradas en la investigación están en la Tabla 2.

**Tabla 2***Variables en estudio, su mensuración y métodos para su discriminación*

<b>VARIABLE</b>	<b>UNIDADES DE MEDIDA</b>	<b>MÉTODO</b>
<b>1. Variables físicas:</b>		
✓ Textura	Clase textural	Hidrómetro (Bouyoucos)
✓ Humedad	%	Gravimétrico
✓ Estructura	Tipo o Forma	Visual
✓ Color	Intensidad	Tabla Munsell
✓ Carbonatos de calcio	%	Gasó Volumétrico
✓ Pedregosidad/gravosidad	%	Visual
✓ Densidad del suelo	g.cm <sup>-3</sup>	Probeta
✓ Espacio Poroso	%	Fórmula: EP = (1-Da/Dr)100
<b>2. Variables químicas:</b>		
✓ pH	Rangos de pH	Potenciómetro
✓ Conductividad eléctrica	dS.m <sup>-1</sup>	Conductímetro
✓ Fósforo disponible	mg.kg <sup>-1</sup>	Olsen Modificado
✓ Potasio disponible	mg.kg <sup>-1</sup>	Fotómetro de llama
✓ Cap. de inter. catiónico	cmol(+).m <sup>-1</sup>	Acetato de amonio
✓ Cationes cambiabiles	cmol(+).m <sup>-1</sup>	Fotómetro de llama
✓ Saturación de bases	%	( $\Sigma$ cationes/CIC)100
<b>3. Variables biológicas:</b>		
✓ Materia orgánica	g.kg <sup>-1</sup>	Walkley y Black

## 2.7. Análisis de datos

Se hizo mediante la caracterización y resultados de análisis de las propiedades del suelo, en base a la Guía para descripción de perfiles de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2009) y las tablas propuestas por Schoeneberger *et al.* (2012), considerándose las las características físicas, químicas y biológicas de los suelos, dentro ellas la textura, humedad, estructura, fragmentos rocosos, carbonatos, materia orgánica densidad aparente, porosidad, reacción del suelo, conductividad eléctrica, fósforo

y potasio disponibles, capacidad de intercambio catiónico, cationes cambiables y el porcentaje de saturación de bases.

## **2.8. Materiales**

Los materiales que fueron utilizados en la investigación son los siguientes:

**Materiales de campo:** Lápiz, lapcero, tablero de mano, mapa base de los fundos, fichas de descripción de los perfiles, bolsas de polietileno de 1 kg, reglas de madera de 1 m de longitud, guantes, cámara fotográfica, etiquetas y letreros. Calculadora, cinta métrica.

**Materiales de laboratorio:** Muestras de suelos de ambos fundos en estudio, guantes descartables, guardapolvo, mascarilla, vasos de vidrio, crisol de porcelana, balanza analítica, espátula, rodillo de madera, potenciómetro, conductímetro, medidor de pH, pizeta de laboratorio, probeta graduada, vaso de precipitación, escobilla de laboratorio, tamiz, cuaderno de apuntes, plumones indelebles, cintas métricas y agua destilada.

**Materiales de Gabinete:** Computadora, impresoras, escáner, USB, programas estadísticos (Excel, Word y power point), útiles de escritorio, papel bond de 80 g.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. Caracterización de los suelos

#### 3.1.1. Características de los suelos en estudio

La caracterización de los suelos se hizo en base a la ficha de descripción de perfiles de suelos (ver Apéndice 4) y a los resultados de los análisis realizados en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria la Molina (ver Apéndice 2).

#### Grupo 1: Suelos con riego por goteo

Los tres perfiles de suelos del fundo El Cascajal que son similares, están en el Grupo 1, tal como se muestra en las Figuras 1 y 2;

#### Figura 1

*Suelos del Fundo El Cascajal y fotografía de la calicata modal CRT-01*

Suelos azonales con perfil A/C, Aridisols, A3sf por su capacidad de uso mayor. Material madre constituida por areniscas calcáreas con gravas y piedras, terraza casi plana y ondulada, con ligera pendiente, moderada erosión, con contenido alto de gravas y alto en piedras, moderada permeabilidad con buen drenaje, lenta escorrentía superficial, napa freática muy profunda, con humedad normal y buena porosidad.

En este grupo de suelos se encuentran las calicatas **CRT-01, CRT-02 y CRT-03 (Fundo Cascajal)**.



## Figura 2

Fotografías de las calicatas CRT-02 y CRT-03 (Fundo Cascajal)



## Grupo 2: Suelos con riego por gravedad

De igual modo, los tres suelos irrigados por gravedad son similares y están mostrados en las Tablas 3 y 4.

## Figura 3

Suelos del Fundo El Huerto de los Olivos y fotografía de la calicata modal CRG-01

Suelos azonales con perfil A/C, Aridisols, A3sf(r) por su capacidad de uso mayor. Material madre arenisca con gravas y piedras, terraza casi plana y ondulada, ligera pendiente, moderada erosión, contenido medio de gravas y alto en piedras, moderada permeabilidad con buen drenaje, lenta escorrentía superficial, napa freática muy profunda, con humedad deficiente y buena porosidad. Bajos en fertilidad natural.

En este grupo de suelos se encuentran las calicatas **CRG-01, CRG-02 y CRG-03 (Fundo Huerto de los Olivos).**





## Figura 4

Fotografías de las calicatas CRG-02 y CRG-03



### 3.2. Comparación de las propiedades de los suelos en estudio

#### 3.2.1. Análisis textural

La Tabla 3 muestra los resultados del análisis textural de los suelos estudiados donde puede apreciar que la textura es variable, encontrándose mayormente suelos de textura franco-arenosa y franco limosa, especialmente en las profundidades de 0-20 cm y clases texturales arena y arena franca en las profundidades de 20-60 cm.

**Tabla 3**

*Resultados del análisis de la textura de los suelos en estudio*

MUESTRA N°	N° DE TRAT.	PROFUND. DE MUESTREO (cm)	ANÁLISIS MECÁNICO			CLASE TEXTURAL
			Ao (%)	Li (%)	Ar. (%)	
CRT-01	01	0-20	76	12	12	Franco arenosa
	02	20-60	90	4	6	Arena
CRT-02	03	0-20	28	56	16	Franco limosa
	04	20-60	94	2	4	Arena
CRT-03	05	0-20	92	4	4	Arena

*Continuación*

	06	20-60	76	12	12	Franco arenosa
CRG-01	07	0-20	92	4	4	Arena
	08	20-60	68	14	18	Franco arenosa
CRG-02	09	0-20	86	8	6	Arena franca
	10	20-60	74	12	14	Franco arenosa
CRG-03	11	0-20	86	6	8	Arena franca
	12	20-60	86	6	8	Arena franca

*Nota:* Elaboración propia a partir UNALM (2018). Análisis de Suelos: Caracterización.

### 3.2.2. Niveles de humedad y tipo de estructura de los suelos en estudio

Los resultados de la humedad de los suelos muestran variabilidad tal como se observa en la Tabla 4. En la profundidad de 0-20 cm varían de 28,21 a 31,57 % y de 20-60 cm varían desde 26,34 hasta 27,38, apreciándose que los valores encontrados corresponden a suelos de textura gruesa (arena y arena franca) a medianamente gruesa (franco arenosa), tanto en el fundo El Cascajal como en el fundo Huerto de los Olivos. La estructura de los suelos se registró ligeras variaciones, siendo del tipo de bloques subangulares medios en los suelos del fundo El Huerto de los Olivos y de bloques subangulares gruesos en las capas de 0-20 cm y de grano simple en las profundidades de 20-60 cm de ambos fundos.

**Tabla 4**

*Resultados del análisis de la humedad y la estructura de los suelos*

CLAVE Y N° DE TRAT.	PROFUND. (cm)	PESO SUELO HÚMEDO (g)	CARACTERÍSTICAS			ESTRUCTURA TIPO
			PESO SUELO SECO (g)	HUMEDAD (%)		
CRT-01	01	0-20	200	156,0	29,53	Bloq. subangulares medios
	02	20-60	200	157,0	27,38	De grano simple (suelta)
CRT-02	03	0-20	200	152,0	31,57	Bloq. subangulares medios
	04	20-60	200	157,4	27,06	De grano simple (suelta)
CRT-03	05	0-20	200	154,6	30,21	Bloq. subangulares medios
	06	20-60	200	157,6	27,23	De grano simple (suelta)
CRG-01	07	0-20	200	155,0	29,03	Bloq. subangulares gruesos
	08	20-60	200	154,4	27,06	De grano simple (suelta)
CRG-02	09	0-20	200	154,4	28,21	Bloq. Subang. Gruesos
	10	20-60	200	157,2	26,90	De grano simple (suelta)
CRG-03	11	0-20	200	153,6	28,86	Bloq. subang. Gruesos
	12	20-60	200	158,3	26,34	De grano simple (suelta)

*Nota:* Elaboración propia a partir UNALM (2018). Análisis de Suelos: Caracterización.

### 3.2.3. Color del suelo y contenido de fragmentos rocosos

En cuanto al color se ha encontrado que los suelos de fundo Cascajal son de color marrón oscuro a marrón muy oscuro en ambas profundidades y los suelos del fundo El Huerto de los Olivos son de color marrón grisáceo muy oscuro y marrón oscuro en las capas de 20 a 60 cm, la pedregosidad varió de 10 a 30 % y la gravosidad está en porcentajes menores entre 5 a 20 %, tal como se puede observar en la Tabla 5.

**Tabla 5**

*Resultados del análisis del color y la pedregosidad y/o gravosidad*

CLAVE MUESTRA	N° DE TRATAMIENTO	PROF. MUESTREO (cm)	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO		
			COLOR	PEDREGOSIDAD (%)	GRAVOSIDAD (%)
CRT-01	01	0-20	10YR 2/2 Marrón muy oscuro	10	20
	02	20-60	10YR 3/2 Marrón muy oscuro	15	15
CRT-02	03	0-20	10YR 3/2 Marrón muy oscuro	25	10
	04	20-60	10YR 4/3 Marrón oscuro	20	15
CRT-03	05	0-20	10YR 2/1 Negro	25	10
	06	20-60	10YR 4/3 Marrón oscuro	30	5
CRG-01	07	0-20	10YR 3/2 Marrón grisáceo muy oscuro	20	5
	08	20-60	10YR 3/3 Marrón oscuro	15	10
CRG-02	09	0-20	10YR 3/2 Marrón grisáceo muy oscuro	15	10
	10	20-60	10YR 4/3 Marrón oscuro	15	15
CRG-03	11	0-20	10YR 4/2 Marrón grisáceo muy oscuro	25	15
	12	20-60	10YR 4/3 Marrón oscuro	20	20

*Nota:* Elaboración propia a partir UNALM (2018). Análisis de Suelos: Caracterización.

### 3.2.4. Contenido de carbonatos y materia orgánica

El contenido de carbonatos tanto en los suelos del fundo Cascajal como en el fundo Huerto de los Olivos están en valores menores al 5 %, lo que indica que no habrá problemas en la fijación de los nutrientes en el suelo (especialmente el P) mientras que el contenido de materia orgánica que también están en niveles bajos ( $< 20 \text{ k.kg}^{-1}$ ), indican que los suelos de ambos fundos son deficientes en materia orgánica (Tabla 6).

**Tabla 6**

*Contenido de carbonatos y materia orgánica*

CLAVE DE LA MUESTRA	N° DE TRATAMIENTO	PROFUNDIDAD DE MUESTREO (cm)	CARACTERÍSTICAS	
			CARBONATOS DE CALCIO (%)	MATERIA ORGANICA ( $\text{g.kg}^{-1}$ )
CRT-01	01	0-20	3,20	12,0
	02	20-60	3,00	3,2
	03	0-20	4,30	14,6
CRT-02	04	20-60	3,50	3,2
	05	0-20	3,60	19,9
CRT-03	06	20-60	3,30	2,3
	07	0-20	3,00	5,1
CRG-01	08	20-60	1,60	1,4
	09	0-20	2,80	4,6
CRG-02	10	20-60	1,00	2,2
	11	0-20	2,90	5,5
CRG-03	12	20-60	3,20	3,0

*Nota:* Elaboración propia a partir UNALM (2018). Análisis de Suelos: Caracterización.

### 3.2.5. Densidad aparente y porcentaje de porosidad

En la Tabla 7 se observa los resultados de la densidad aparente de los suelos estudiados en ambos fundos, mostrando variaciones entre  $1,43$  y  $1,54 \text{ g.cm}^{-3}$ , con mayores densidades en la capa de 20 a 60 cm. Asimismo, la porosidad mostró porcentajes variables de 41,5 a 46,0 %.

**Tabla 7***Resultados del análisis de la densidad aparente y de la porosidad*

CLAVE DE LA MUESTRA Y NÚMERO	PROFUNDIDAD DE MUESTREO (cm)	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO		
		DENSIDAD APARENTE (g.cm <sup>-3</sup> )	POROSIDAD (%)	
CRT-01	01	0-20	1,43	46,0
		20-60	1,53	42,3
CRT-02	02	0-20	1,44	45,7
		20-60	1,55	41,5
CRT-03	03	0-20	1,45	45,3
		20-60	1,50	43,4
CRG-01	04	0-20	1,49	43,8
		20 – 60	1,54	41,9
CRG-02	05	0-20	1,50	43,4
		20-60	1,54	41,9
CRG-03	06	0-20	1,51	43,0
		20-60	1,49	41,5

*Nota:* Elaboración propia a partir UNALM (2018). Análisis de Suelos: Caracterización.

### 3.2.6. Reacción (pH) y conductividad eléctrica de los suelos en estudio

Los resultados del pH del suelo y la conductividad eléctrica se muestran en la Tabla 8. En cuanto al pH de los suelos se ha encontrado que esta propiedad es variable en los suelos del fundo El Cascajal como en los suelos del fundo El Huerto de los Olivos, cuyos valores varían de 7,65 a 8,55 con una tendencia de ser mayor en la profundidad de 20-60 cm. Asimismo, la conductividad eléctrica es variable, pero en ninguno de los suelos sobrepasa el valor de 1,0 dS.m<sup>-1</sup>.

**Tabla 8***Resultados del análisis del pH y la conductividad eléctrica*

CLAVE DE LA MUESTRA	NÚMERO DE TRATAMIENTO	PROFUNDIDAD DE MUESTREO (cm)	CARACTERÍSTICA	
			RANGOS DE pH	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (dS.m <sup>-1</sup> )
CRT-01	01	0-20	8,55	0,28
	02	20-60	8,39	0,19
CRT-02	03	0-20	8,34	0,38
	04	20-60	8,41	0,18
CRT-03	05	0-20	8,32	0,29
	06	20-60	8,51	0,20
CRG-01	07	0-20	7,73	0,17
	08	20-60	8,00	0,14

CRG-02	09	0-20	7,91	0,21
	10	20-60	8,12	0,14
CRG-03	11	0-20	7,65	0,21
	12	20-60	8,27	0,12

*Nota:* Elaboración propia a partir UNALM (2018). Análisis de Suelos: Caracterización.

### 3.2.7. Contenido de fósforo y potasio disponibles

El fósforo disponible fue variable en los suelos estudiados, con niveles entre 2,5 a 26,6 mg.kg<sup>-1</sup>. Algo similar sucedió con el potasio disponible que tiene de 81 a 202 mg.kg<sup>-1</sup>, ambos elementos nutritivos están en niveles bajos, medios y altos con una clara tendencia de ser mayor en la capa superficial (0-20 cm), tal como se observa en la Tabla 9.

**Tabla 9**

*Resultados del análisis del fósforo y potasio disponible*

NÚMERO Y CLAVE DE LA MUESTRA	Nº DE TRAT.	PROFUNDI- DAD DE MUESTREO (cm)	CARACTERÍSTICAS	
			FÓSFORO DISPONIBLE (mg.kg <sup>-1</sup> )	POTASIO DISPONIBLE (mg.kg <sup>-1</sup> )
CRT-01	01	0-20	26,6	201
	02	20-60	13,2	95
CRT-02	03	0-20	21,1	202
	04	20-60	7,9	81
CRT-03	05	0-20	18,6	168
	06	20-60	7,2	125
CRG-01	07	0-20	6,2	104
	08	20-60	9,7	82
CRG-02	09	0-20	2,5	113
	10	20-60	6,6	87
CRG-03	11	0-20	5,6	108
	12	20-60	4,3	97

*Nota:* Elaboración propia a partir UNALM (2018). Análisis de Suelos: Caracterización.

### 3.2.8. Capacidad de intercambio catiónico y cationes cambiabiles

Tanto la capacidad de intercambio catiónico como los cationes cambiabiles en valores variables en los suelos de ambos fundos. En el caso de la CIC se encontró variaciones desde 4,20 a 9,60 (cmol(+).kg<sup>-1</sup>) considerados como moderadamente baja a baja CIC. Del mismo

modo, los cationes cambiables están niveles bajos, pero con predominio del  $\text{Ca}^{2+}$  y con ausencia total del  $\text{Al}^{3+}+\text{H}^+$ , estos resultados se observan en la Tabla 10.

**Tabla 10**

*Resultados del análisis de la CIC y cationes cambiables*

CLAVE Y NÚMERO DE LA MUESTRA	PROFUND. MUESTREO (cm)	CIC (cmol (+).kg <sup>-1</sup> )	CATIONES CAMBIABLES (cmol(+).kg <sup>-1</sup> )					
			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup> +H <sup>+</sup>	
CRT-01	01	0-20	8,80	5,74	1,98	0,88	0,20	0,00
	02	20-60	5,52	3,74	0,93	0,64	0,21	0,00
CRT-02	03	0-20	9,60	6,88	1,95	0,51	0,26	0,00
	04	20-60	4,83	3,85	0,62	0,16	0,20	0,00
CRT-03	05	0-20	5,11	3,19	1,23	0,50	0,19	0,00
	06	20-60	4,20	3,11	0,57	0,33	0,19	0,00
CRG-01	07	0-20	6,40	4,96	1,05	0,23	0,16	0,00
	08	20-60	4,32	3,48	0,50	0,18	0,18	0,00
CRG-02	09	0-20	7,67	6,03	1,20	0,26	0,18	0,00
	10	20-60	5,18	4,24	0,65	0,18	0,11	0,00
CRG-03	11	0-20	6,40	4,82	1,13	0,28	0,17	0,00
	12	20-60	6,40	4,24	1,78	0,27	0,11	0,00

*Nota:* Elaboración propia a partir UNALM (2018). Análisis de Suelos: Caracterización.

### 3.2.9. Porcentaje de saturación de bases

El porcentaje de saturación muestra un valor del 100 % en los suelos estudiados en ambos fondos, tal como está señalado en la Tabla 11.

**Tabla 11**

*Resultados del análisis del porcentaje de saturación de bases*

NÚMERO Y CLAVE DE LA MUESTRA	PROFUNDIDAD DE MUESTREO (cm)	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (cmol(+).kg <sup>-1</sup> )	Σ DE BASES CAMBIABLES (cmol(+).kg <sup>-1</sup> )	% SATURACIÓN DE BASES (cmol(+).kg <sup>-1</sup> )
CRT-01	01	0-20	8,80	100
	02	20-60	5,52	100
CRT-02	03	0-20	9,60	100
	04	20-60	4,83	100
CRT-03	05	0-20	5,11	100
	06	20-60	4,20	100
CRG-01	07	0-20	6,40	100
	08	20-60	4,32	100
	09	0-20	7,67	100

CRG-02	10	20-60	5,18	5,18	100
CRG-03	11	0-20	6,40	6,40	100
	12	20-60	6,40	6,40	100

*Nota:* Elaboración propia a partir UNALM (2018). Análisis de Suelos: Caracterización.

### 3.3. Propiedades del suelo que deben ser consideradas en el plan de manejo

Como resultado de la evaluación de las características físicas, químicas y biológicas de los suelos de fundos El Cascajal y El Huerto de los Olivos, se ha encontrado diferencias en las propiedades, las mismas que deben ser tomadas en cuenta en los planes para el mantenimiento o mejoramiento de los rendimientos de los cultivos a desarrollarse en dichas áreas. Las propiedades que deben ser tomadas en cuenta dentro de un plan de manejo son las siguientes:

- Se ha encontrado que el contenido de carbonato de calcio en ambos fundos están por debajo del 5 % pero con mayores contenidos en los suelos del fundo El Cascajal, esta propiedad debe ser considerada en el plan de manejo para evitar el aumento de los niveles encontrados especialmente en los suelos del fundo El Cascajal. También debe ser considerado el incremento de la materia orgánica en los suelos de ambos fundos por encontrarse en niveles bajos.
- Tanto la densidad aparente como el porcentaje de porosidad al encontrarse en niveles más bajos en el fundo Huerto de los Olivos, deben ser mejorados mediante el plan de manejo de estos suelos. Así mismo el pH más alto fue encontrado en el fundo El Cascajal lo cual significa un riesgo sobre todo al aumentar la conductividad eléctrica especialmente en el fundo El Cascajal por que se correría el riesgo de que estos suelos se sodifiquen.
- Debido al contenido variable tanto del fósforo como del potasio disponible y con el fin de evitar que aumenten los niveles de calcio se debe tener en cuenta el uso de los fertilizantes apropiados especialmente en los suelos del fundo El Huerto de los olivos.
- Al haberse encontrado que la Capacidad del Intercambio Catiónico es bajo en los suelos del Huerto de los Olivos se debe tener en cuenta de prácticas para mejorar estos niveles deficientes con el fin de lograr mejores rendimientos de las especies cultivadas en estos suelos.



- Tanto la textura como la estructura de los suelos en ambos fundos son similares. La textura es una de las propiedades del suelo más difícil de mejorar, aunque la estructura su puede ser mejorada mediante prácticas agronómicas como la incorporación de la materia organica (compost, humus o guano lavado).
- La reacción de los suelos mostró pHs más altos en los suelos del fundo El Cascajal y menores rangos en los suelos de El Huerto de los Olivos. La conductividad eléctrica, en los suelos de ambos fundos, mostró valore por debajo de  $0,5 \text{ dS.m}^{-1}$ ; Para continuar con estos valores se debe realizar un programa de fertilización que nos permita estar en los rangos de idoneos para el cultivo.
- Programar el lavaje en los suelos cultivados para riego tecnificado será importante para mantener las sales alejadas a las raices principales, se recomienda 50 % más de agua del riego diario en un solo pulso de riego.
- Finalmente, será de mucha importancia implementar el sistema de riego tecnificado en el fundo de El Huerto de los Olivos, con la finalidad de mejorar la calidad productiva de los suelos propiciando el ahorro del recurso hidrico y lograr una mejor producción de los cultivos.

## **CAPÍTULO IV: DISCUSIONES**

### **4.1. Caracterización de los suelos de los fundos en estudio**

Al realizar la caracterización de los suelos cultivados con “palto” de los del fundo “El Cascajal” (con riego por goteo) y “El Huerto de los Olivos” (con riego por gravedad), se encontró que los suelos de ambos fundos, tienen un desarrollo escaso (azonales), agrupados dentro de la clase Aridisoles (Soil Taxonomy). De acuerdo a la capacidad de uso mayor (CUM), los suelos del fundo “El Cascajal” corresponde a la sub clase A3sf (suelos agrícolas con baja calidad agrológica y con limitaciones en las características y en la fertilidad natural. Los suelos del fundo “El Huerto de los Olivos” son de la subclase A3sf(r), muy similares a los suelos del fundo “El cascajal” pero con serias deficiencias hídricas al no contar con un sistema de riego por goteo. Las características encontradas en los suelos de ambos fundos, tienen mucha relación con las conclusiones reportadas por Ventocilla (2015), quien al hacer el estudio de los suelos del sector de Medio Mundo, Végueta, encontró suelos muy similares y con las mismas limitaciones pero que en la totalidad eran irrigados por gravedad.

### **4.2. Propiedades de los suelos**

#### **4.2.1. Textura**

Los suelos del fundo “El Cascajal” como del fundo “El Huerto de los Olivos”, tal como se muestra en la Tabla 3, presentan en la capa superficial (0-20 cm) una textura gruesa correspondientes a las clases texturales franco arenoso y franco limoso y en las capas subterráneas (20-60 cm) la textura es muy gruesa correspondiéndoles la clase textural arena. Por lo tanto, estos suelos tendrán limitaciones para el almacenamiento del agua disponible para las plantas en concordancia por lo reportado por Chicas *et al.* (2014)

quienes señalan que el contenido de arena afecta a la capacidad retentiva del agua, de manera especial a la capacidad de campo y al punto de marchitez permanente, que son dos parámetros que permite conocer el porcentaje del agua disponible para las plantas. Además, la textura del suelo es una propiedad fundamental porque tiene una marcada influencia sobre las otras propiedades del suelo (Plaster, 2005).

#### **4.2.2. Humedad y estructura**

En la Tabla 4 se muestran los resultados del contenido de humedad y el tipo de estructura de los suelos en estudio, datos que fueron tomados al momento de la descripción de los perfiles de suelo. Con respecto a la humedad retenida, se nota claramente que los suelos con riego por goteo, así como en los suelos con riego convencional, retiene una humedad influenciada por la textura y el contenido de materia orgánica, a lo que se suma el tipo de irrigación, encontrándose valores que van de 27,06 a 31,57 % en los suelos del fundo El Cascajal, mientras que en los suelos del fundo El Huerto de los Olivos, la humedad varía de 26,34 a 29,03 %, cuyos valores casi similares muestran una ligera superioridad en los suelos irrigados por goteo. Los resultados encontrados en este estudio, al no ser ideales, deben ser mejorados teniendo en cuenta que el agua del suelo expresado en términos de humedad contiene en disolución los nutrientes, sales solubles, compuestos orgánicos solubles y contaminantes, así como materia en suspensión que son absorbidos por las raíces y son necesarios para el normal desarrollo de las plantas (Jordán, 2010). Además, es importante tener en cuenta el estrés producido por la falta de agua durante el proceso de producción de cualquier cultivo, reduce el crecimiento de la planta y el tamaño de los frutos e incluso la humedad adicional puede adelantar la madurez de los frutos (Ferreira y Selles (2017)).

La estructura de los suelos en ambos lugares de estudio fue casi similar, encontrándose en la capa superficial de los suelos irrigados por goteo una estructura de bloques subangulares medios y en los suelos irrigados por gravedad fue de bloques subangulares gruesos. En la capa subterránea (de 20 a 60 cm) la estructura de los suelos, tanto irrigados por goteo así como por gravedad, fue de grano simple, que es una característica de los suelos arenosos, donde el contenido de arcillas es muy bajo. Con relación a estos resultados, León (2000)

sostiene que la estructura tiene influencia sobre aireación y el movimiento del agua en el suelo, condiciones que cuando no son aparentes afectan al contenido de la humedad, afectando al desarrollo radicular.

#### **4.2.3. Color, pedregosidad y gravosidad**

La Tabla 5 muestra los resultados de la evaluación del color del suelo, la pedregosidad y el contenido de gravas, apreciándose que el color en los suelos de ambos fundos no son muy variable, pero con una tendencia de ser un poco más oscuro en los suelos con riego por goteo; esto debido a que dichos suelos al tener el suministro de agua constantemente, originando un mayor porcentaje de humedad, la misma que da lugar una mayor incorporación de la materia orgánica descompuesta, originando un color más oscuro. En los suelos irrigados por gravedad la humedad no es constante y por lo tanto habrá una menor descomposición de los restos orgánicos y una coloración más clara. Sin embargo, se debe tener en cuenta que lo reportado por Plaster (2005), en el sentido que el tipo de los minerales formadores suelo y las condiciones de drenaje, son determinantes para el color del suelo, aunque una coloración negra tiene una estrecha relación con el contenido de materia orgánica.

Con respecto a la pedregosidad y/o gravosidad de los suelos en estudio, no se han encontrado mayores diferencias, con un 10 a 25 % en los suelos de ambos fundos. Con relación a la gravosidad también los suelos estudiados tienen un contenido de gravas que varían de 5 a 20 %, tanto en los suelos de ambos fundos. Los niveles de pedregosidad y de gravosidad encontrados en los suelos en estudio, constituyen una seria limitación para el desarrollo normal de la mayoría de los cultivos, especialmente de aquellos que requieren de un movimiento constante de la capa arable. Sin embargo, de acuerdo con lo que indica Lao (2013), el palto desarrolla bien en suelos pedregosos siempre que el control de la humedad del suelo y la dotación de materia orgánica y de fertilizantes, sea la adecuada. Da costa *et al.* (2013) agregan que los modificadores texturales (gravas y piedras) afectan la mayor disponibilidad del agua en suelos arenosos y aún cuando la textura sea fina o arcillosa.

#### 4.2.4. Carbonatos y de materia organica

La Tabla 6 muestra los resultados obtenidos en cuanto a la presencia de carbonatos y de la materia orgánica en los suelos en estudio. Con respecto a los contenidos de carbonatos, se ha encontrado que en la mayoría se los suelos estudiados, tanto en su capa superficial como subterránea tienen valores menores del 5 %, indicando que en estos suelos no existen problema alguno con referencia a los carbonatos, de acuerdo con lo que señala Schoeneberger *et al.* (2012). Sin embargo, se nota claramente que los suelos con riego por goteo tienen mayores cantidades de carbonatos que oscilan entre 3,0 a 4,3 %, mientras que en los suelos irrigados por gravedad los porcentajes de carbonatos son menoree variando entre 1,0 a 3,2 %, demostrando claramente que cuando el suelo está irrigado por gravedad se produce un mayor lavaje de este compuesto, especialmente en el momento en que el suelo recibe mayor cantidad de agua. Asimismo, la presencia de los carbonatos tiene influencia determinante en la relación suelo-agua y en las reacciones de asimilación de los elementos nutritivos. Los resultados obtenidos por Ventocilla (2015) con respecto a los carbonatos de los suelos de Medio Mundo (Végueta), tuvieron valores similares a los obtenidos en este estudio.

Asimismo, la materia orgánica en estos suelos está en niveles bajos, lo que permite sugerir la necesidad de la aplicación de este importante componente, de tal manera que se pueda elevar de 2 a 3 %. También se puede apreciar en la Tabla 6 que los niveles de materia orgánica en los suelos del fundo El Cascajal que son irrigados por goteo, varían de 2,3 a 19,9 g.kg<sup>-1</sup>, cantidades superiores a los suelos del fundo El Huerto de los Olivos con riego por gravedad y que solo tienen entre 1,4 a 5,5 g.kg<sup>-1</sup> de materia orgánica. Estas diferencias se deben a que en los suelos con riego por goteo la humedad es más constante, lo cual estaría favoreciendo a la descomposición e incorporación de mayores cantidades de materia orgánica que se encuentra sobre la superficie de los suelos, sucediendo lo contrario en los suelos irrigados por gravedad, donde la humedad es más temporal. Al respecto, Da Costa *et al.* (2023) manifiestan que los horizontes superficiales por tener mayor contenido de materia orgánica, tienela capacidad de acumular un mayor porcentaje de humedad disponible para las plantas.

#### **4.2.5. Densidad aparente y porcentaje de porosidad**

La densidad aparente es ligeramente inferior en los suelos del fundo El Cascajal, variando entre 1,43 a 1,53 g.cm<sup>-3</sup>; mientras que en los suelos del fundo El Huerto de los Olivos la densidad aparente varía de 1,49 a 1,54 g.cm<sup>-3</sup>. Estas variaciones están influenciadas por la presencia de la materia orgánica, que es mayor en los suelos con riego por goteo y menor en los suelos con riego por gravedad. La porosidad de los suelos en estudio, tal como se muestra en la Tabla 7, indican que esta característica del suelo es ligeramente variable en los suelos de ambos fundos, mostrando rangos que varían de 41,5 a 45,5 % en los suelos con riego por goteo y de 41,9 a 43,5 % en los suelos con riego por gravedad. Estos resultados indican que los porcentajes de porosidad encontrados corresponden a suelos de textura gruesa y que son modificados ligeramente por el contenido de materia orgánica pero que no son afectados mayormente por los sistemas de riegos. Sin embargo, es conveniente tener en cuenta que la porosidad del suelo, además de la materia orgánica, está condicionada por la textura y estructura (FAO, 2015), lo cual es confirmada por el MAPA (2002), que sostiene que la porosidad está condicionada por la textura y estructura (MAPA, 2002).

#### **4.2.6. Reacción (pH) y salinidad**

La Tabla 8 muestra los resultados con referencia a los rangos de pH y los valores de la conductividad eléctrica de los suelos en estudio. Con respecto al pH se ha encontrado que es menor en la capa superficial (0-20 cm) y es mayor en la capa subterránea (20-60 cm). Además de ser muy variable, con diferencias entre los suelos de ambos fundos. En el caso del fundo El Pedregal, el pH es de moderadamente básico a fuertemente básico en ambas profundidades, con valores que varían entre 8,32 y 8,55; mientras que en la capa superficial y la capa subterránea de los suelos del fundo El Huerto de los Olivos, tienen un pH moderadamente básico (de 7,65 a 8,27). En consecuencia, de acuerdo a los suelos sometidos a riego por gravedad, tienen valores de pH menores que los suelos bajo irrigación por goteo, demostrando que las diferencias encontradas se deben a que en los suelos irrigados por gravedad se está produciendo un mayor lavado de las bases cambiables, lo cual no está sucediendo en los suelos bajo riego por goteo, donde el control del agua es más eficiente. Sin embargo, los valores de pH que tienen los suelos de ambos predios no son limitantes

para obtener buenos rendimientos en el cultivo del palto, ya que de acuerdo con Jordán (2010) los suelos aptos para la agricultura tienen un pH comprendido entre 5,5 y 8,5, aunque Fox (2013) explica que en suelos altos el que varía de 7,4 a 7,8 es ideal para la producción agrícola.

De acuerdo a los resultados de la evaluación de la conductividad eléctrica mostrados en la Tbla 8, para conocer los niveles de salinidad del suelo, se encontró que en los suelos del fundo El Cascajal que es irrigado por goteo, la salinidad tiene valores muy bajos que varían entre 0,18 a 0,29 dS.m<sup>-1</sup>, mientras que en los suelos del fundo El Huerto de los Olivos los niveles de sales fueron mucho más bajos variando de 0,12 a 0,21 dS.m<sup>-1</sup>. Aunque los niveles de salinidad encontrados no significan limitación alguna para el desarrollo normal de los cultivos, se puede asumir que el tipo de riego, en cierto modo, ha permitido lograr los resultados observados, donde los suelos irrigados por goteo muestran mayores niveles de sales que cuando es irrigado por goteo, donde el movimiento del agua es más notorio causando mayor lavaje, pero espaciado por varios días. Sin embargo, es conveniente tener en cuenta que la salinidad afecta a algunas propiedades e interfiere el crecimiento normal de plantas, reduciendo los rendimientos y con un retorno económico escaso (Navarro y Navarro, 2013).

#### **4.2.7. Contenido de fósforo y de potasio**

En cuanto al fósforo y potasio disponibles en los suelos en estudio mostrados en la Tabla 9, se muestra que los suelos del fundo “El Huerto de los Olivos” (riego por goteo), tienen mayores contenidos de fósforo disponible tanto en la capa superficial (0-20 cm) y en la capa subterránea (20-60 cm), que varían de 6,2 a 26,6 mg.kg<sup>-1</sup> de suelo, con la tendencia de ser mayor en la capa superficial y menor en la capa subterránea (según las escala propuesta por Schoeneberger *et al.* 1998), como contenidos medios (de 7 a 14 mg.kg<sup>-1</sup>) a altos (> de 14 mg.kg<sup>-1</sup>) de P disponible. Al contrario, los contenidos de P disponible en los suelos del fundo “El Cascajal” que son irrigados por gravedad y en ambas profundidades, son menores con valores que oscilan entre 2,5 a 9,7 y que según Schoeneberger *et al.* (1998), corresponde a contenidos bajos (< 7 mg.kg<sup>-1</sup>) a medios (de 7 a 14 mg.kg<sup>-1</sup>) de P disponible. Esta diferencia

probablemente sea una consecuencia de que, en los suelos con riego por goteo, exista una mejor aplicación y distribución de los fertilizantes que llegan al suelo constantemente trasladados por el agua de riego, lo cual no sucede en los suelos bajo riego por gravedad donde los fertilizantes son aplicados en fechas determinadas. También se considera conveniente tener en cuenta lo señalado por Melgarejo (2018) en el sentido de que a mayor salinidad menor es el rendimiento de los cultivos.

En cuanto al potasio disponible en los suelos de ambos fundos se ha encontrado una similar tendencia de ser mayor en la capa superficial y menor en la capa subterránea, con niveles que van desde 81 hasta 202 mg.kg<sup>-1</sup> en los suelos irrigados por goteo que de acuerdo a las tablas propuestas por Schoeneberger *et al.* (1998) corresponden a niveles bajos y medios, y de 82 a 108 mg.kg<sup>-1</sup> en los suelos bajo riego por gravedad, considerados en su mayoría como niveles bajos en el contenido de potasio disponible. Es posible que estos resultados sean el hayan sido influenciadas por las diferencias en el proceso productivo desarrollados en ambos fundos, debido a que en el fundo “El Cascajal” el cultivo del palto es desarrollado con una mejor tecnología, especialmente en lo que se refiere a la fertilización aplicada mediante el fertiriego y al mejor manejo del proceso productivo. Además, los resultados obtenidos con relación al P y K disponibles tiene una estrecha relación con los resultados obtenidos por Ventocilla (2015), quien en un suelo similar del Vegueta encontró niveles bajos y medios de P y niveles medios de K.

#### **4.2.8. Capacidad de intercambio catiónico y cationes cambiabiles**

En la Tabla 10 se muestran los resultados de análisis de la capacidad de intercambio catiónico y cationes cambiabiles de los suelos de los fundos “El Cascajal” y “El Huerto de los Olivos” que son irrigados por goteo y por gravedad, respectivamente, encontrándose en el primer fundo valores más altos de la CIC en los suelos con riego por goteo (Fundo “El Cascajal”) que varían de 4,20 a 9,60 cmol(+).kg<sup>-1</sup> y de 4,32 a 7,67 cmol(+).kg<sup>-1</sup> en los suelos con riego por gravedad (Fundo El Huerto de los Olivos), con una clara tendencia de ser mayor en las capas superficiales (0-20 cm) y menor en las capas subterráneas (20-60 cm), las mismas que son calificadas, en su mayoría, como contenidos moderadamente bajos (8-12



cmol(+).kg<sup>-1</sup>) y bajos (5 a 8 cmol(+).kg<sup>-1</sup>). Como los resultados obtenidos son bajos y teniendo en cuenta la importancia de esta propiedad en la retención de cationes asimilables por las plantas, sería conveniente tener en cuenta lo señalado por la FAO (2015), en el sentido que una adecuada CIC debe estar en niveles de 15 a 25 cmol.kg<sup>-1</sup> y que los suelos arenosos bajos en materia orgánica suelen tener una baja CIC, que es característica de los suelos de los dos fundos estudiados.

#### **4.2.9. Porcentaje de saturación de bases**

Tal como se observa en la Tabla 11 de los resultados del análisis del porcentaje de saturación de bases de los suelos en estudio, se ha encontrado que esta característica del suelo, tanto en el fundo El Pedregal con riego por goteo y en el fundo El Huerto de los Olivos que tiene riego por gravedad, en la capa superficial (0-20 cm) así como la capa subterránea (20-60 cm), el porcentaje de saturación de bases en todos los casos tiene un valor de 100 % que de acuerdo al Apéndice 2 (Tablas de niveles críticos de Schoeneberger et al. 2012), tienen un alto % SB, indicando que en los suelos en estudio no existe acidez cambiante (AC) que podría afectar al desarrollo del cultivo. Además, se puede asumir que los valores altos de la saturación de bases no tendría efecto negativo sobre la CIC, la misma que no es dependiente del pH.

#### **4.3. Plan de manejo de suelos en estudio**

Las propiedades de los suelos irrigados por goteo y riegos por inundación tienen diferencias notorias, especialmente con una textura gruesa con predominio de las arenas, el contenido de materia orgánica que se encuentra en niveles bajos, el fósforo disponible también en niveles bajos a medios al igual que el potasio disponible y una capacidad de intercambio catiónico baja. Con el fin de mantener una producción sostenible es necesario tener en cuenta lo siguiente:

- ✓ Se hace necesaria la aplicación de materia orgánica (estiércol, compost, humus de lombriz) con el fin de mejorar el contenido en los suelos de ambos fundos, tratando de

alcanzar un nivel de por lo menos 2 a 2,5 %, lo cual se lograria con la aplicación de 25 a 30 toneladas de materia orgánica aplicadas en periodos entre 4 a 5 años.

- ✓ El incremento de la materia orgánica que se sugiere atenuara los efectos negativos de la textura con bajos porcentajes de arcilla y excesos de areas. De igual manera este incremento del material orgánico aumentará las cargas negativas en la superficie del coloido del arcillo húmico y al mismo tiempo incrementará la capacidad retentiva del agua, mejorando al mismo tiempo la eficiencia de los riegos en los suelos, especialmete del fundo El Huerto de los Olivos.
- ✓ Del mismo modo se debe tomar en cuenta un eficiente programa de fertilización orientado al incremento de los rendiemientos del palto o de cualquier otro cultivo a desarrollarse. Para lo cual se deben considerar fertilizantes que no incrementen los niveles de calcio, salinidad e incremento del sodio intercambiable para evitar la sodificación de los suelos, especialmente en los suelos del El Cascajal.
- ✓ Así mismo se debe tener en cuenta que la fertilización nitrogenada y potásica son de suma importancia para el mejoramiento de la calidad y los rendimientos de los cultivos, pero a la vez no deben incrementar los niveles del pH, de la salinidad ni del contenido de calcio intercambiable.
- ✓ Finalmente, se debe tener en cuenta un plan del lavado de los suelos mediante riesgos en periodo de 7 días con el volumen del 50 % más de la cantidad de agua utilizada diariamente en los suelos del fundo El Cascajal. Así mismo seria conveniente, en lo posible, la implementación del sistema de riego por goteo en los suelos del fundo el Huerto de los Olivos, teniendose en cuenta las sugerencias anteriores.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

1. Los suelos del fundo “El Cascajal” cultivados con riego por goteo son suelos azonales de la clase A3sf por capacidad de uso mayor con limitaciones por la escasa profundidad, alta pedregosidad y baja fertilidad; mientras los suelos del fundo “Huerto de los Olivos” (irrigados por gravedad), también son suelos azonales de la clase A3sfw por su capacidad de uso mayor, con limitaciones por la escasa profundidad, pedregosidad, muy baja fertilidad y una deficiente humedad.
2. Los suelos de ambos fundos se caracterizan por tener una textura gruesa a muy gruesa gruesa. Los suelos bajo riego por goteo tienen ligeramente un mayor contenido de humedad que los suelos irrigados por gravedad.
3. La estructura es la propiedad del suelo que no ha sido modificada significativamente por el tipo de riego, siendo de bloques subangulares en la capa superficial y de grano simple en la capa subterránea en ambos fundos. El color del suelo también tiene diferencias ya que los suelos bajo el riego por goteo son ligeramente más oscuros que los suelos con el riego por gravedad.
4. El contenido de carbonatos es mayor en los suelos bajo riego por goteo mientras que en los suelos con riego por gravedad están en menores porcentajes. Densidad aparente y la porosidad son superiores en los suelos con riego por gravedad y menor en los suelos bajo riego por goteo, determinando, en consecuencia, que la porosidad sea ligeramente mayor en los suelos bajo riego por goteo.

5. El pH tiene valores más altos en los suelos bajo riego por goteo y menores en los suelos bajo riego por gravedad. Conductividad eléctrica es ligeremante mayor en los suelos bajo el riego por goteo y menor en los suelos bajo riego por gravedad.
6. La disponibilidad del fósforo en los suelos bajo riego por goteo es mayor que en los suelos bajo riego por gravedad, debido a que los primeros suelos reciben una mejor fertilización que es regulada a través del riego, mientras que los suelos bajo el riego por gravedad tienen una fertilización tradicional que es aplicado de acuerdo con las fases de producción de la planta.
7. Capacidad de intercambio catiónico también tienen diferencias, es mayor en los suelos bajo riego por goteo y menor en los suelos bajo riego por gravedad. Estas diferencias se están produciendo debido a la influencia de materia orgánica que por el tipo de riego que tienen los suelos en estudio.
8. Con respecto a la materia orgánica, es mayor en los suelos bajo el riego por goteo mientras que en los suelos con riego por gravedad es menor. Esta diferencia se produce debido a que los suelos bajo riego por goteo tienen una mejor distribución del agua favoreciendo que los restos vegetales y la materia orgánica que se aplican a los suelos se incorporan en mayor proporción en los suelos bajo el riego por inundación.

## **CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES**

1. La toma de muestra de los suelos para su respectivo análisis e interpretación fue en el mes de junio “cerca a la cosecha”; por lo tanto, se recomienda a futuros tesisistas que tengan interés en la investigación a tomar las muestras en otras fechas y estados fenológicos distintos, para hacer la comparación entre los resultados obtenidos.
2. En el trabajo de investigación se evaluaron los efectos del tipo de riego sobre las principales propiedades del suelo; se recomienda que se pueda incluir datos del rendimiento por hectarea del cultivo instalado.
3. Según la metodología del trabajo de investigación se considero realizar 3 calicatas por tipo de riego t<sup>o</sup>ecnificado, por lo que se recomienda considerar más calicatas por tipo de riego y de esta manera lograr tener una población de muestra mayor.

## REFERENCIAS

- Álvarez, C. P. (2019). *Rendimiento y crecimiento de cuatro variedades de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) bajo tres densidades de siembra en riego por goteo*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. Recuperado de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3869>
- Andia, L. A. (2017). La agricultura en el Perú: expectativas para su desarrollo. *Cultura, Ciencia y Tecnología*. ASDOPEN-UNMSM N° 12. Recuperado de: [http://asdopen.unmsm.edu.pe/files/Articulo-5\\_d282v910.pdf](http://asdopen.unmsm.edu.pe/files/Articulo-5_d282v910.pdf)
- Ataucusi, S. (2015). *Manejo Técnico del Cultivo del Palto*. Cáritas del Perú. Callao, Lima, Perú. Recuperado de: <https://aprenderly.com/doc/1683573/manejo-t%C3%A9cnico-del-cultivo-de-palta>
- Baumann, B. J. (2018). *Niveles nutricionales y densidad de siembra en el rendimiento de quinua (Chenopodium quinoa Willd) var. la molina 89, en riego por goteo*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. Recuperado de: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3523/baumann-schuler-betzy-jannet.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Brady, N., y Weil, R. (2010). *The Nature and Properties of Soils*. 14th Edition. Prentice-Hall, Inc. New Jersey. USA.
- Castillo, J. L. (2017). *Importancia del agua en el suelo agrícola*. Recuperado de: <https://www.bing.com/search?q=Importancia+del+agua+en+el+suelo+AGRICOLA&FORM=awre>
- Chicas, R., Venegas, E. y García, N. (2014). Determinación indirecta de la capacidad de retención de humedad en suelos de la subcuenca del río Torjá, Chiquimula, Guatemala. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. N° 1. Chiquimula, Guatemala.

- Climate Data Org. (2016). *Clima: Huaura*. Recuperado de: <https://es.climate.data.org/location/765023/>
- Corado, M. (2014). *Evaluación de cuatro láminas de riego por goteo sobre el rendimiento del plátano (Musa paradisiaca)*. (Tesis de grado). Universidad Rafael Landívar. Jutiapa, Guatemala.
- Corbella, R., M. Tonatto., y J. Ullivarri. 2017. *Metodologías para los estudios de suelos de campos*. Cátedra de Edafología. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina, 27 p.
- Da Costa, A., Albuquerque, P., Da Costa, A., Pertile, P. y Rodríguez, F. (2013). Water retention and availability in soils of the State of Santa Catarina-Brazil: Effect of textural classes, soil classes and lithology. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*.
- Del Castillo, L. (2015). Políticas de gestión del agua y derechos de las comunidades campesinas. *LEISA – Revista de Agroecología*. 31(3).
- Demin, P. E. (2014). *Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego: métodos de riego: fundamentos, usos y adaptaciones*. 1ra. Edición. San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca. Ediciones INTA. Argentina. Recuperado de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_aportes\\_para\\_el\\_mejoramiento\\_del\\_manejo\\_de\\_los\\_sistemas\\_de\\_riego.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_aportes_para_el_mejoramiento_del_manejo_de_los_sistemas_de_riego.pdf)
- Domínguez, A. (1997). *Tratado de Fertilización*. Tercera edición. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Fassbender, H. y Bornemisza, E. (1994) *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. Segunda edición revisada. San José, Costa Rica, 420. Recuperado de: <https://www.scirp.org/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1818336>
- Fernández, R., Milla, M. Ávila, R., Berengena, J., Gavilán, P., y Oyonarte, N. A. (2010). *Manual de riego para Agricultores: módulo 2. Riego por superficie*. Consejería de

Agricultura y Pesca, Servicio de Publicaciones y Divulgación. Sevilla, España.  
Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/48517053.pdf>.

Ferreira, E. y Selles, G. (2017). Respuesta del palto a periodos de déficit hídrico. Diez años de investigación en manejo del riego en palto. *Red Agrícola Chile*. INIA. Recuperado de: <http://www.redagricola.com/cl/contacto/>

Fox, E. (2013). *Evaluación de pérdida de suelo por salinización en la parte baja de la cuenca del Jequetepeque: San Pedro de Lloc (1980 – 2003)*. (Tesis de grado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.

Galán, E., y Romero, A. (2008). Contaminación de Suelos por Metales Pesados. *Macia*, (10), 48-60. Recuperado de [http://www.ehu.eus/sem/macla\\_pdf/macla10/Macla10\\_48.pdf](http://www.ehu.eus/sem/macla_pdf/macla10/Macla10_48.pdf)

García, A. (2003). Manejo de suelos con acumulación de sales. VIII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Ecuador. Recuperado de <http://www.secsuelo.org/wpcontent/uploads/2015/06/2-Manejo-de-suelos-con-acumulacion-de-sales-GarciaA.pdf>

Havlin, J., Beaton, J., Tisdale, S., y Nelson, W. (2005). *Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to nutrient Management* (6ª ed.). New Jersey, N.J.: Pearson/Prentice Hall.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. 6ta. Edición. Mc Graw Hill Educación. México. Recuperado de: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/81etodología-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

Holdridge, L. (1995). *Guía Explicativa del Mapa Ecológico del Perú*. Lima, Perú: ONERN, Ministerio de Agricultura.

Jordán, A. (2010). *Edafología* Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola. Universidad de Sevilla. España.



- Joseph, M. (2010). *A study on the water retention characteristics of soils and their improvements*. (Thesis of the degree of Doctor of philosophy). Division of Civil Engineering School of Engineering. Cochin University of Science and Technology. Kochi, Kerala, India.
- Lamz, A. y González, M. C. (2013). La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Cuba. *Cultivos Tropicales*, Vol. 34, No. 4, p 31-42. Recuperado de: <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v34n4/ctr05413.pdf>
- La Torre, G. (2003). *Estudio detallado de suelos del fundo "Santa Bárbara" Humay-Pisco*. Ica, Perú.
- Lao, P. (2013). *Fertilización en el cultivo del Palto*. Ancash, Perú: Agrobanco-Universidad Nacional Agraria La Molina. Extensión y Proyección Social.
- León, R. (2014). “*Respuesta del cultivo de quinua (Chenopodium quinoa Wild.) línea mutante 'La Molina 89-77' a tres regímenes de riego, en condiciones de la Molina*.” (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. Recuperado de: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1387/T007129.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Liotta, M. (2015). *Riego por goteo, Manual de capacitación*. Recuperado de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_manual\\_riego\\_por\\_goteo.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_riego_por_goteo.pdf)
- López, M., y Estrada, H. (2015). Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. *Bioagrociencias*, 8(1), 3-11. Recuperado de <http://www.ccba.uady.mx/bioagro/V8N1/BC%208.1%20Propiedades%20del%20suelo.pdf>
- López, L. (2002). *Agricultura y medio ambiente en las condiciones mediterráneas*. Universidad de Córdoba. Argentina. Recuperado de: [www.libroblancoagricultura.com](http://www.libroblancoagricultura.com)

- Martínez, F. y Richard, N. (2005). *Correlación del contenido de materia seca y porcentaje de aceite en frutos de palta (Persea americana) variedad Hass bajo condiciones de Ica*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Mejía, C. (2019). *Estructura de un proyecto de investigación*. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=mScO6ojcC8I>
- Melgarejo, C. A. (2018). Efecto del nivel de salinidad del agua de riego en el crecimiento del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en suelo arenoso. (Tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú. Recuperado de: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3609/melgarejo-choque-carolay-antuanett.pdf?sequence=1>
- Mendoza, A. (2013). *Riego por Goteo*. Recuperado de <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/riego/Riego%20por%20goteo.pdf>
- Mengel, K., y Kirkby, E. (2001). *Principios de Nutrición Vegetal*. International Potash Institute. Bern, Suiza.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2002). *Manual Práctico de Manejo del Suelo y de los Fertilizantes*. Barcelona, España: [MAPA].
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2009). *Planes Estratégicos Regionales*. [MINAGRI]. Recuperado de [http://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/conocenos/transparencia/planes\\_estrategicos\\_regionales/lima.pdf](http://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/conocenos/transparencia/planes_estrategicos_regionales/lima.pdf)
- Musayón, J. (2016). *Cuenca hidrográfica del río Huaura. Autoridad Administrativa del Agua Cañete-Fortaleza*. Lima, Perú: Autoridad Nacional del Agua.
- National Research Council (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle* (7<sup>th</sup> ed.) Washington, D.C.: The National Academic Press. Recuperado de <https://www.nap.edu/catalog/9825/nutrient-requirements-of-dairy-cattle-seventh-revised-edition-2001>

- Navarro, J. (2003). *Efecto de Cuatro Láminas de Riego sobre el Rendimiento de Plátano (Musa paradisiaca, var. Currare) Bajo las condiciones de Aldea Los Encuentros, Coatepeque, Quetzaltenango*. (Tesis de grado). Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_2010.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2010.pdf)
- Navarro, G y Navarro, S. (2013). *Química agrícola: química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas*. 3ra. Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 217-223 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (1996). *El suelo*. [FAO]. Recuperado de <http://www.fao.org/3/w1309s/w1309s04.htm>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2006). *Evapotranspiración del Cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua para los cultivos*. Roma, Italia: [FAO].
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2009). *Guía para la descripción de suelos*. Roma, Italia: [FAO].
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2015). *Propiedades del suelo*. Recuperado de [www.fao.org/soilsportalFAO](http://www.fao.org/soilsportalFAO): [FAO]
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2016). *Propiedades del Suelo*. [FAO]. Recuperado de <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>
- Organismo Internacional de Energía Atómica. (2022). *Gestión del agua con fines agrícolas*. [IAEA]. Recuperado de: <https://www.iaea.org/es/temas/gestion-del-agua-con-fines-agricolas>

- Ortiz, B., y Ortiz, C. (1990). *Edafología, suelos* (7.<sup>a</sup> ed.). Chapingo, México: Universidad Autónoma de Chapingo.
- Osorio, S. (2010). *El agua en el suelo*. Recuperado de <http://geotecnia-sor.blogspot.pe/2010/10/el-agua-en-el-suelo.html>
- Pereira, G. (2010). *Cultivo del Maní Uruguay*: Unidad de Difusión e Información Tecnológica. [INIA].
- Plaster, E. (2005). *La Ciencia del suelo y su manejo*. 2<sup>a</sup> edición. Madrid, España: Edit. Thompson.
- Porta, C., López-Acevedo, M., y Roquero, C. (2003). *Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Proyectos Peruanos (2016). *Cultivo de palta*. Recuperado de: <http://proyectosperuanos.com/paltas/>
- Ramírez, C., y Salgado, J. (2005). *Manual para levantamiento de campo*. Unidad Técnica de Evaluación Nacional Forestal. Honduras. Recuperado de <https://www.coursehero.com/file/42500710/Manual-ENF-Hon-1pdf/>
- Salgado, S., Núñez, R., Palma, D. J., y Lagunés, L. (2010). *Manejo de fertilizantes químicos y orgánicos*. Colegio de Postgraduados. México D. F., México.
- Sánchez, M. (2008). *Correlación del contenido de aceite, materia seca y humedad como indicadores de la cosecha en frutos de la palta variedad Hass en Chíncha*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.

Schoeneberger, P., Wysocki, D., Benham, E., y Broderson, W. (2012). *Field Book for Describing and Sampling Soils*. Lincoln, OR.: Natural Resources Conservation Service, USDA. National Soil Center.

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (2015). *Guía rápida para el levantamiento de suelos en campo*. Lima, Perú: [SERFOR]. Recuperado de: <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-san-antonio-abad-del-cusco/mecanica-de-suelos/guia-rapida-para-el-levantamiento-de-suelos-en-campo/11607537>

Sys, C., Van Ranst, E., y Debaveye, J. (1991). *Land Evaluation Part II. Methods in Land Evaluation*. Brussels, Belgium: University of Ghent. International Training Centre for Post-graduate Soil Scientists.

United States Department of Agriculture (2008). *Aggregate Stability. Soil Quality Indicators*. USDA. Recuperado de [http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/nrcs142p2\\_053287.pdf](http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_053287.pdf).

United States Department of Agriculture. (2017). *Soil Survey Manual*. Agriculture Handbook N° 18. Recuperado de: <https://www.iec.cat/mapasols/DocuInteres/PDF>

Univeridad Nacional Agraria La Molina. (2018). Resultados del análisis de Caraterización. Laboratorio de Suelos, Aguas, Plantas y Fertilizantes. Lima, Perú. [UNALM].

Universidad Católica Sedes Sapientiae (2017). *Silabo de la asignatura de Seminario de Tesis*. Facultad de Ingeniería Agraria. Sede Huaura. Huaura, Perú.

Ventocilla, J. T. (2015). *Clasificación de la Fertilidad de los Suelos del Predio “Fundo Nuevo” por el Método Capacidad-Fertilidad en Végueta, Huaura*. (Tesis de grado). Universidad Católica Sedes Sapientiae. Lima, Perú.

Zegarra, E. (2005). La Investigación social sobre el manejo del agua de riego en el Perú: una mirada a conceptos y estudios empíricos. En M. Pulgar-Vidal, E. Zegarra y J. Urrutia

(Eds.), *Perú, el problema agrario en debate: Seminario Permanente de Investigación Agrario* (pp. 319-348). Lima, Perú: SEPIA.

## **TERMINOLOGÍA**

### **Adsorción**

Enlace entre catión o compuesto y una superficie sólida con carga negativa, normalmente en forma temporal. En el suelo, los cationes son adsorbidos en las partículas del coloide arcillo húmico que está compuesto por arcilla y humus. Es un proceso químico (Plaster, 2005).

### **Agregados del suelo**

Masa de partículas finas unidas por la presencia de la arcilla, materia orgánica o gomas microbianas. Los agregados forman parte de la estructura del suelo (Jordán, 2010).

### **Agricultura sostenible**

Es una filosofía que que persigue la protección de los recursos a la vez que aseguran una productividad adecuada, minimizando las entradas externas al terreno (como es el caso de los fertilizantes y pesticidas) y maximizando el valor de los recursos interiores (como el estiércol y la fijación simbiótica del nitrógeno). El manejo del suelo y del agua son componentes centrales de la sostenibilidad (Jordán, 2010).

### **Conductividad hidráulica**

Es una característica del suelo que tiene relación con la facilidad del movimiento del agua en el suelo. Por ejemplo, cuanto más fina es la textura del suelo, más baja es su conductividad hidráulica (Ortiz y Ortiz, 1990).

## **Déficit hídrico**

Es un fenómeno que se produce cuando una planta está recibiendo una deficiente dotación de agua que no satisface sus necesidades hídricas, produciéndose varias respuestas en las plantas, o respuestas que en algunos casos pueden darse rápidamente (Navarro, 2003).

## **Difusión**

Consiste en el flujo de la materia a través de un líquido o gas mediante el movimiento aleatorio de moléculas. En Edafología, se aplica al movimiento de nutrientes a través de la solución del suelo. El movimiento es causado por el gradiente de concentración donde los iones se mueven de una zona de alta concentración a otra de menor concentración (Plaster, 2005).

## **Horizonte del suelo**

Capa horizontal del suelo creada en el proceso de formación de este, que difiere en sus propiedades físicas y químicas, de las capas adyacentes (Plaster, 2005).

## ***In situ***

Es una expresión en latín que significa “en el sitio” o “en el lugar”, y que es utilizada para designar un fenómeno observado en el lugar o una manipulación realizada en el mismo campo como es el caso de la descripción morfológica del suelo (Salgado *et al.*, 2010).

## **Perfil**

Es una corte o sección vertical a través del suelo que es concebido como un plano en ángulo recto a la superficie. En la práctica, una descripción de un perfil de suelo incluye algunas



propiedades del suelo que pueden ser determinados sólo por inspección de volúmenes de suelo que están presente en el perfil (Havlin *et al.*, 2005).

### **Porosidad**

Porción del suelo que está constituido por poros y cavidades y que representa un porcentaje del espacio total del suelo que consta de orificios entre las partículas sólidas del material edáfico (Brady y Weil, 2010).

### **Sostenibilidad**

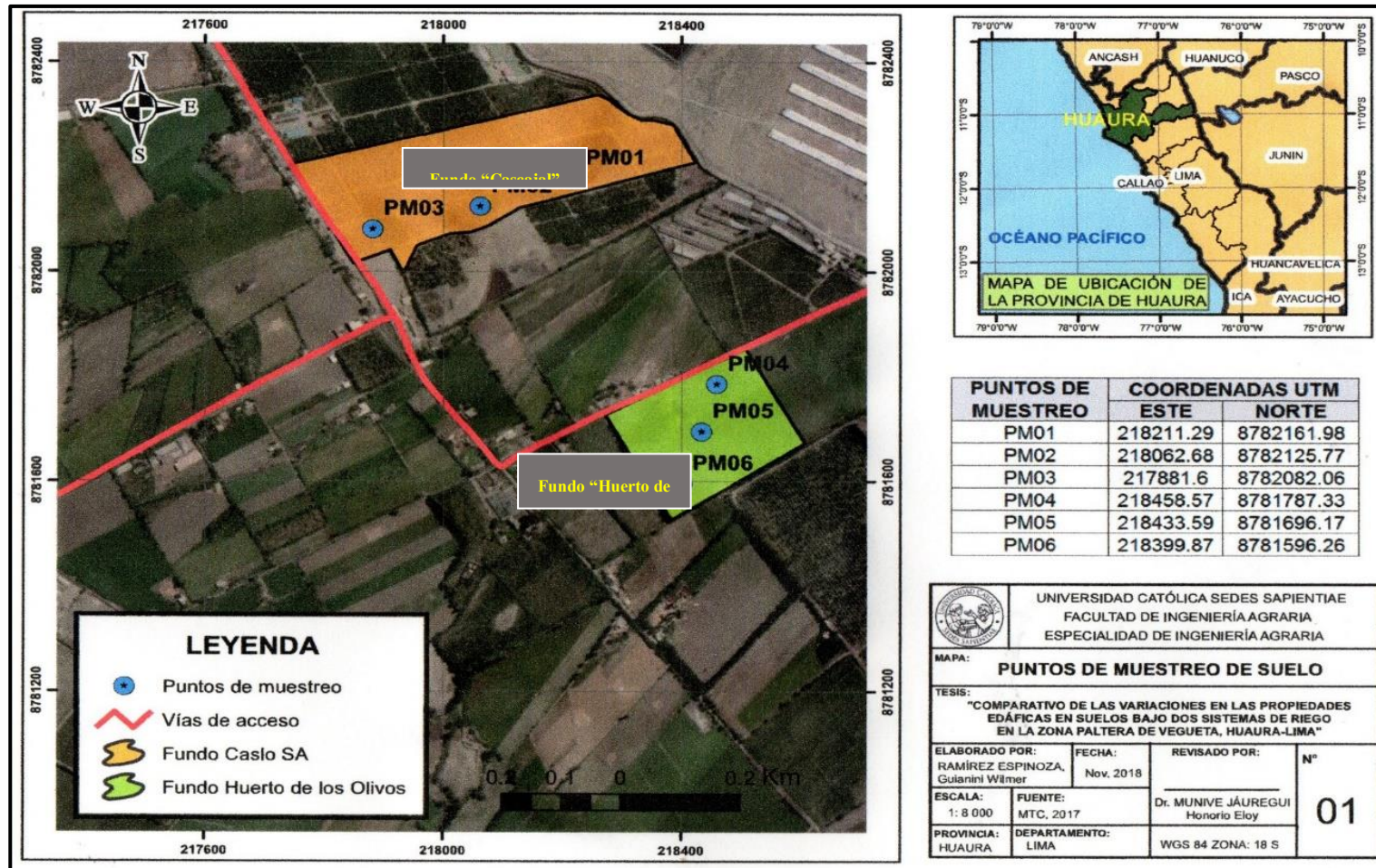
Consiste en el manejo exitoso de los recursos naturales para que la agricultura satisfaga las cambiantes necesidades humanas, sin dejar de mantener y mejorar la calidad del medio ambiente conservando los recursos naturales para beneficio de las futuras generaciones (Salgado *et al.*, 2010).

### **Suelo ácido**

Ocurre cuando un suelo tiene un rango de pH <6,5 considerado en la capa arable zona radicular y que sirve para caracterizar a los horizontes del perfil del suelo (Brady y Weil, 2010).

# APÉNDICES

Apéndice 1. Plano de ubicación y puntos de muestreo de la zona en estudio





Apéndice 2. Resultados de los análisis de caracterización de los suelos



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS  
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES  
**ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION**



Solicitante : CASLO S.A.  
 Departamento : LIMA  
 Distrito :  
 Referencia : H.R. 63339-049C-18

Fact.: 2730

Provincia : HUAURA  
 Predio :  
 Fecha : 11/05/18

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>			
4487	CRT-01, Profundidad 0-20	8.55	0.28	3.20	1.20	26.6	201	76	12	12	Fr.A.	8.80	5.74	1.98	0.88	0.20	0.00	8.80	8.80	100
4488	CRT-01, Profundidad 20-60	8.39	0.19	3.00	0.32	13.2	95	90	4	6	A.	5.52	3.74	0.93	0.64	0.21	0.00	5.52	5.52	100
4489	CRT-02, Profundidad 0-20	8.34	0.38	4.30	1.46	21.1	202	28	56	16	Fr.L.	9.60	6.88	1.95	0.51	0.26	0.00	9.60	9.60	100
4490	CRT-02, Profundidad 20-60	8.41	0.18	3.50	0.32	7.9	81	94	2	4	A.	4.83	3.85	0.62	0.16	0.20	0.00	4.83	4.83	100
4491	CRT-03, Profundidad 0-20	8.32	0.29	3.60	1.99	18.6	168	82	12	6	A.Fr.	5.11	3.19	1.23	0.50	0.19	0.00	5.11	5.11	100
4492	CRT-03, Profundidad 20-60	8.51	0.20	3.30	0.23	7.2	125	92	4	4	A.	4.20	3.11	0.57	0.33	0.19	0.00	4.20	4.20	100
4493	CRG-01, Profundidad 0-20	7.73	0.17	3.00	0.51	6.2	104	76	12	12	Fr.A.	6.40	4.96	1.05	0.23	0.16	0.00	6.40	6.40	100
4494	CRG-01, Profundidad 20-40	8.00	0.14	1.60	0.14	9.7	82	92	4	4	A.	4.32	3.48	0.50	0.18	0.16	0.00	4.32	4.32	100
4495	CRG-02, Profundidad 0-20	7.91	0.21	2.80	0.46	2.5	113	68	14	18	Fr.A.	7.67	6.03	1.20	0.26	0.18	0.00	7.67	7.67	100
4496	CRG-02, Profundidad 20-40	8.12	0.14	1.00	0.22	6.6	87	86	6	6	A.Fr.	5.18	4.24	0.65	0.18	0.11	0.00	5.18	5.18	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso



*Dr. Sady García Bendeza*  
 Jefe del Laboratorio



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS**  
**LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES**



## ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : CALSO S.A.

Departamento : LIMA

Distrito :

Referencia : H.R. 63339-049C-18

Fact: 2730

Provincia : HUAURA

Predio :

Fecha : 11/05/18

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
								Arena	Limo	Arcilla			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>			
								%	%	%			meq/100g							
4497	CRG-03, Profundidad 0-20	7.65	0.21	2.90	0.55	5.6	108	74	12	14	Fr.A.	6.40	4.82	1.13	0.28	0.17	0.00	6.40	6.40	100
4498	CRG-03, Profundidad 20-40	8.27	0.12	3.20	0.30	4.3	97	86	6	8	A.Fr.	6.40	4.24	1.88	0.27	0.11	0.00	6.40	6.40	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso



*Dr. Eddy García Bendezu*  
**Jefe del Laboratorio**

### Apéndice 3. Tablas para la interpretación de los resultados del análisis de suelos

#### 1. Textura

<b>Tipo de textura</b>	<b>Clase textural</b>
Gruesa	Arena, arena franca
Moderadamente gruesa	Franco arenosa
Media	Franca, franco limoso, limosa
Fina	Franco arcillosa, franco arcilloso arenosa, franco arcillo limosa, arcillo arenosa, arcillo limosa, arcilla.
Muy fina	Mayor de 60 % de arcilla

Fuente: Schoeneberger *et al.* (2012).

#### 2. pH

<b>Definición</b>	<b>Rango de pH</b>
Ultra ácido	< 3,5
Extremadamente ácido	3,5 a 4,4
Muy fuertemente ácido	4,5 a 5,0
Fuertemente ácido	5,1 a 5,5
Moderadamente ácido	5,6 a 6,0
Ligeiramente ácido	6,1 a 6,5
Neutro	6,6 a 7,3
Ligeiramente básico	7,4 a 7,8
Moderadamente básico	7,9 a 8,4
Fuertemente básico	8,5 a 9,0
Muy fuertemente básico	>9,0

Fuente: Schoeneberger *et al.* (2012).

#### 3. Conductividad eléctrica (mmhos/cm ó dS.m<sup>-1</sup>)

<b>Definición</b>	<b>Rango de salinidad</b>
Sin problemas de salinidad	< de 2
Ligeros problemas de sales	2 – 4
Medio	4 – 8
Severos problemas	8 – 16
Muy severos problemas	> 16

Fuente: Schoeneberger *et al.* (2012).

#### 4. Materia orgánica

<b>Definición</b>	<b>%</b>	<b>g.kg<sup>-1</sup></b>
Bajo	< de 2	< de 20
Medio	2 – 4	20 – 40
Alto	> de 4	> de 40

Fuente: Schoeneberger *et al* (2012).

#### 5. Calcáreo total (Carbonatos)

<b>Definición</b>	<b>%</b>
Bajo	< de 1
Medio	1 – 5
Alto (Precipita al fósforo)	5 - 15
Muy alto (Alta toxicidad)	> de 15

Fuente: Schoeneberger *et al* (2012).

#### 6. Fósforo disponible

<b>Definición</b>	<b>ppm o g.kg<sup>-1</sup></b>
Bajo	< de 7
Medio	7 - 14
Alto	> de 14

Fuente: Schoeneberger *et al*. (2012).

#### 7. Potasio disponible

<b>Definición</b>	<b>g.kg<sup>-1</sup></b>
Bajo	< de 75
Medio	75 – 125
Alto	125 - 250
Muy alto	> de 250

Fuente: Schoeneberger *et al*. (2012).

#### 8. Capacidad de intercambio catiónico (me/100 g ó cmol<sup>(+)</sup>.kg<sup>-1</sup>)

<b>Definición</b>	<b>Rango de CIC</b>
Muy baja	< de 4
Moderadamente baja	4 - 8
Baja	8 - 12

---

Moderadamente alta	12 – 20
Muy alta	> de 20

---

*Fuente: Schoeneberger et al. (2012).*

#### 9. Saturación de bases

---

<b>Definición</b>	<b>%</b>
Bajo	< de 35
Medio	35 – 80
Alto	> de 80

---

*Fuente: Schoeneberger et al. (2012).*



Apéndice 4. Fichas de descripción de los perfiles de suelos

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE PERFILES DE SUELOS

a) Características generales:

N° de calicata: CRG - 01 Serie: HUERTO DE LOS OLIVOS  
 Asociación: - Clasificación técnica: A3s f(r)  
 Clasificación natural: AZONAL Clasificación taxonómica: A1 DISOL  
 Material madre: ARENA GRANOSA Precipitación: ..... Temperatura: .....  
 Fisiografía: TERRAZA CASI PLANA Vegetación o cultivo: PALTA HASS  
 Relieve: LIGERAMENTE ONDULADO Permeabilidad: BUENA  
 Altitud: ..... Drenaje: BUENO  
 Pendiente: LIGERAMENTE INCLINADO Escorrentía superficial: LENTA  
 Erosión: MODERADA Napa freática: MUY PROFUNDA  
 Distribución de raíces: SUPERFICIAL Humedad: NORMAL  
 Salinidad: - Porosidad: BUENA  
 Pedregosidad: P<sub>1</sub> = 15% P<sub>2</sub> = 25% Alcalinidad: -

b) Descripción del perfil

Hor.	Prof. (cm)	Color		Text.	Mod. Text	Estruc.	Consistencia			pH	CO <sub>2</sub>	Límite
		H	S				H	S	M			
P <sub>1</sub>	0-20			Fca	GRAVA	BS	MODERADA			-	++	DIFFUSO
P <sub>2</sub>	20-60			ARENA	PIEDRAS	S/E	SUELTA			-	+	-

c) Observaciones

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

Foto N°: ..... UTM: .....



## FICHA DE DESCRIPCIÓN DE PERFILES DE SUELOS

### a) Características generales:

N° de calicata: ... <u>CRG - 02</u> .....	Serie... <u>HUERTO DE LOS OLVOS</u> .....
Asociación: ... <u>-</u> .....	Clasificación técnica ... <u>A3s f(r)</u> .....
Clasificación natural ... <u>AZONAL</u> .....	Clasificación taxonómica ... <u>ARIDISOL</u> .....
Material madre ... <u>ARENA GRAVOSA</u> .....	Precipitación ..... Temperatura .....
Fisiografía ... <u>TERRAZA CASI PLANA</u> .....	Vegetación o cultivo ... <u>PALTA HASS</u> .....
Relieve ... <u>LIGERAMENTE ONDULADA</u> .....	Permeabilidad ... <u>BUENA</u> .....
Altitud .....	Drenaje ... <u>BUENO</u> .....
Pendiente ... <u>LIGERAMENTE INCLINADO</u> .....	Escorrentía superficial ... <u>LENTA</u> .....
Erosión ... <u>MODERADA</u> .....	Napa freática ... <u>MUY PROFUNDO</u> .....
Distribución de raíces ... <u>SUPERFICIAL</u> .....	Humedad ..... <u>NORMAL</u> .....
Salinidad ... <u>-</u> .....	Porosidad ..... <u>BUENA</u> .....
Pedregosidad ... <u>P<sub>1</sub> = 5% P<sub>2</sub> = 15%</u> .....	Alcalinidad ... <u>-</u> .....

### b) Descripción del perfil

Hor.	Prof. (cm)	Color		Text.	Mod. Text	Estruc.	Consistencia			pH	CO <sub>2</sub>	Limite
		H	S				H	S	M			
P <sub>1</sub>	0-20			FCO	GRAND	BAS	MODERADA				+++	DIFUSO
P <sub>2</sub>	20-60			ARENA	GRAVA	S/E	SUEITA				+	

### c) Observaciones

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Foto N°: ..... UTM: .....

## FICHA DE DESCRIPCIÓN DE PERFILES DE SUELOS

### a) Características generales:

Nº de calicata: <u>CRG - 03</u>	Serie: <u>HUERTO DE LOS OLIVOS</u>
Asociación: <u>-</u>	Clasificación técnica: <u>A3s<sub>1</sub>(r)</u>
Clasificación natural: <u>AZONAL</u>	Clasificación taxonómica: <u>ARIDISOL</u>
Material madre: <u>ARENA PEDREGOSA</u>	Precipitación: ..... Temperatura: .....
Fisiografía: <u>TERRAZA CASI PLANA</u>	Vegetación o cultivo: <u>ALTA HASS.</u>
Relieve: <u>LIGERAMENTE ONDULADO</u>	Permeabilidad: <u>BUENA</u>
Altitud: .....	Drenaje: <u>BUENO</u>
Pendiente: <u>LIGERAMENTE INCUNADA</u>	Escorrentía superficial: <u>LENTA</u>
Erosión: <u>MODERADA</u>	Napa freática: <u>MUY PROFUNDA</u>
Distribución de raíces: <u>SUPERFICIAL</u>	Humedad: <u>NORMAL</u>
Salinidad: <u>-</u>	Porosidad: <u>BUENA</u>
Pedregosidad: <u>P<sub>1</sub> = 5% P<sub>2</sub> = 30%</u>	Alcalinidad: <u>-</u>

### b) Descripción del perfil

Hor.	Prof. (cm)	Color		Text.	Mod. Text	Estruc.	Consistencia			pH	CO <sub>2</sub>	Límite
		H	S				H	S	M			
P <sub>1</sub>	0-20	-	-	Fco	GRAVA	BAS	MODERADA				+++	DIFUSO
P <sub>2</sub>	20-60	-	-	ARENA	PIEDRA	S/E	SUELTA				+++	

### c) Observaciones

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Foto N°: ..... UTM: .....



## FICHA DE DESCRIPCIÓN DE PERFILES DE SUELOS

### a) Características generales:

N° de calicata: CRT - 01 Serie: EL CASCAJAL  
 Asociación: - Clasificación técnica: A3s<sub>1</sub>f  
 Clasificación natural: AZONAL Clasificación taxonómica: ARIDISOL  
 Material madre: ARENA CON GRAVAS Y PIEDRAS Precipitación: ..... Temperatura: .....  
 Fisiografía: TERRAZA CASI PLANA Vegetación o cultivo: PALTA HASS  
 Relieve: ONDULADO Permeabilidad: MODERADA  
 Altitud: ..... Drenaje: BIEN DRENADO  
 Pendiente: LIGERAMENTE INCLINADO (5%) Escorrentía superficial: LENTA  
 Erosión: MODERADA Napa freática: MUY PROFUNDA  
 Distribución de raíces: SUPERFICIAL Humedad: NORMAL  
 Salinidad: - Porosidad: BUENA  
 Pedregosidad: P<sub>1</sub> = 10% P<sub>2</sub> = 40% Alcalinidad: -

### b) Descripción del perfil

Hor.	Prof. (cm)	Color		Text.	Mod. Text	Estruc.	Consistencia			pH	CO <sub>2</sub>	Límite
		H	S				H	S	M			
P <sub>1</sub>	0-20			fca	GRAVA	BSm	FRIABLE			-	+++	DIFUSO
P <sub>2</sub>	20-60			Arena	PIEDRA	S/E	SUELTA			-	++	-

### c) Observaciones

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

Foto N°: ..... UTM: .....

## FICHA DE DESCRIPCIÓN DE PERFILES DE SUELOS

### a) Características generales:

N° de calicata: CRT - 02	Serie: EL CASCAJAL
Asociación: .....	Clasificación técnica: A3 <sub>s</sub> f
Clasificación natural: AZONAL	Clasificación taxonómica: ARIDISOL
Material madre: ARENISCA GRAVOSA	Precipitación: ..... Temperatura: .....
Fisiografía: TERRAZA CASI PLANA	Vegetación o cultivo: PALTA HASS
Relieve: ONDULADO	Permeabilidad: MODERADA
Altitud: .....	Drenaje: BUENO
Pendiente: 6% LIGERAMENTE INCLINADO	Escorrentía superficial: LENTA
Erosión: MODERADA	Napa freática: MUY PROFUNDA
Distribución de raíces: SUPERFICIAL	Humedad: NORMAL
Salinidad: —	Porosidad: BUENA
Pedregosidad: P <sub>1</sub> = 5%    P <sub>2</sub> = 30%	Alcalinidad: —

### b) Descripción del perfil

Hor.	Prof. (cm)	Color		Text.	Mod. Text	Estruc.	Consistencia			pH	CO <sub>2</sub>	Limite
		H	S				H	S	M			
P <sub>1</sub>	0-20			Fca	GRAVA 5%	Bsm	FRIABLE			-	++	DIFFUSO
P <sub>2</sub>	20-60			Arena	GRAVA 40%	S/E	SUELTA			-	++	—

### c) Observaciones

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Foto N°: ..... UTM: .....



### FICHA DE DESCRIPCIÓN DE PERFILES DE SUELOS

**a) Características generales:**

N° de calicata: <u>CAT - 03</u>	Serie: <u>EL CASCAJAL</u>
Asociación: .....	Clasificación técnica: <u>A3sf</u>
Clasificación natural: <u>AZONAL</u>	Clasificación taxonómica: <u>ARIDISOL</u>
Material madre: <u>ARENA GRAVOSA</u>	Precipitación ..... Temperatura .....
Fisiografía: <u>TERRAZA PLANA</u>	Vegetación o cultivo: <u>PALTA HASS</u>
Relieve: <u>HONDEADO</u>	Permeabilidad: <u>BUENA</u>
Altitud: <u>—</u>	Drenaje: <u>BUENO</u>
Pendiente: <u>—</u>	Escorrentía superficial: <u>LENTA</u>
Erosión: <u>MODERADA</u>	Napa freática: <u>MUY PROFUNDA</u>
Distribución de raíces: <u>SUPERFICIAL</u>	Humedad: <u>NORMAL</u>
Salinidad: <u>—</u>	Porosidad: <u>BUENA</u>
Pedregosidad: <u>P1=15% P2=30% PIEDRAS</u>	Alcalinidad: <u>—</u>

**b) Descripción del perfil**

Hor.	Prof. (cm)	Color		Text.	Mod. Text	Estruc.	Consistencia			pH	CO <sub>2</sub>	Límite
		H	S				H	S	M			
P <sub>1</sub>	0-20			Fca	GRAVSA	BSm	FRÍAGUE			—	+++	DIFUSO
P <sub>2</sub>	20-60			ARENA	PIEDRAS	S/E	SUELTA			—	++	—

**c) Observaciones**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Foto N°: ..... UTM: .....



Fotografía 1: Fundo “El Huerto de los Olivos



Fotografía 2: Fundo “El Cascajal”



Fotografía 3: Construcción de una calicata



Fotografía 4: Toma de muestras



Fotografía 5: Explicación para la descripción del perfil del suelo



Fotografía 6: Descripción del perfil del suelo



Fotografía 7: Muestras de suelos para describir sus propiedades

Fotografía 8. Muestras para ser enviada al laboratorio





**Fotografía 9: Estufa calibrada a 105 °C**



**Fotografía 10: Secado de muestras de suelos**



**Fotografía 11: Secado de muestras en laboratorio (TFSA)**



**Fotografía 12: Tamizado de las muestras de suelo**



**Fotografía 13: Pesadas de las muestras de suelos**



**Fotografía 14: Determinación del volumen de los suelos**





Apéndice 6. Matriz de consistencia

**TITULO: “Efecto de dos sistemas de riego sobre las principales propiedades de suelos cultivados con *Persea Americana* Mill “palta”. Végueta, Huaura”**

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEORICO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p><b>General</b></p> <p>¿Cuál es el efecto de dos sistemas de riego sobre las principales propiedades edáficas de los suelos de la zona paltera, Végueta, Huaura - Lima? Hernadez <i>et al</i>, 2010</p> <p><b>Específicos</b></p> <p>¿Cuál es el estado de las principales propiedades de los suelos de la zona paltera cultivados bajo riego por gravedad y por goteo, Végueta, Huaura-Lima?</p> <p><b>Específicos</b></p> <p>¿Cuáles son las variaciones en las propiedades edáficas de los suelos cultivados con palto bajo riegos por gravedad y por goteo en la zona de Végueta – Huaura - Lima?</p> <p><b>Específicos</b></p>	<p><b>General</b></p> <p>Comparar las variaciones en las propiedades físicas, químicas y en el contenido de materia orgánica en suelos bajo dos sistemas de riego en la zona paltera de Végueta, Huaura – Lima.</p> <p><b>Específicos</b></p> <p>Caracterizar los suelos de la zona paltera de Végueta irrigados por gravedad y riego por goteo.</p> <p><b>Específicos</b></p> <p>Establecer las variaciones en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos irrigados por gravedad y riego por goteo en la zona paltera de Végueta, Huaura-Lima.</p> <p><b>Específicos</b></p>	<p><b>Antecedentes</b></p> <p><b>Internacional:</b></p> <p>Corado (2014) al realizar una investigación sobre la “Evaluación de cuatro láminas de riego por goteo sobre el rendimiento del plátano (<i>Musa paradisiaca</i>)”. El objetivo fue conocer el resultado de cuatro láminas de riego por goteo sobre el rendimiento en el cultivo de plátano en Jutiapa, Guatemala. El autor concluyó de la siguiente manera: El rendimiento total expresado en t.ha<sup>-1</sup>, no fue incrementado por el efecto de las láminas de riego evaluadas; es decir, que no hubo diferencia estadística significativa entre los tratamientos.</p> <p><b>Nacionales:</b></p> <p>Fox (2013) investigó sobre la “Evaluación de la pérdida de uso del suelo por salinización en la parte baja de la cuenca del Jequetepeque: San Pedro de Lloc (1980 – 2003)”, con el objetivo principal de realizar un diagnóstico de la pérdida de suelos por salinización en el sector San Pedro de Lloc. Para el cumplimiento del objetivo planteado, fueron combinadas distintas metodologías en el trabajo de</p>	<p><b>General:</b></p> <p>H: Las propiedades físicas, químicas y el contenido de materia orgánica de los suelos cultivados con <i>Persea Americana</i> Mill “palto” no son afectados por los sistemas de riego en Vegueta, Huaura – Lima.</p> <p><b>Específicas:</b></p> <p>H1: Los niveles de las principales propiedades físicas, químicas y el contenido de materia orgánica de los suelos cultivados con “palto” bajo riego por gravedad y por goteo, son homogéneas.</p> <p>H2: No existen variaciones en las propiedades físicas, químicas y el contenido de materia orgánica de los suelos cultivados con palto</p>	<p><b>Independiente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dos sistemas de riego.</li> </ul> <p><b>Var. dependiente:</b></p> <p><b>Variable 1</b></p> <p>Propiedades Físicas</p> <p><b>Dimensiones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Textura: Clases texturales</li> <li>• Humedad: Porcentaje</li> <li>• Estructura: Forma, tipo y grado de desarrollo.</li> <li>• Color: Brillo, intensidad</li> <li>• Carbonatos de Calcio: Porcentaje</li> <li>• Pedregosidad/Gravosidad: Porcentaje</li> <li>• Densidad del suelo: gr/cm<sup>3</sup> – Grado de compactación del suelo y porcentaje de porosidad.</li> <li>• Espacio poroso: Porcentaje Aire 25 % Agua 25 % Minerales 45 %</li> </ul>	<p><b>Tipo de Investigación:</b></p> <p>No experimental</p> <p><b>Nivel de Investigación:</b></p> <p>Exploratorio y Aplicativo</p> <p><b>Método General:</b></p> <p>Inductivo</p> <p><b>Diseño de Investigación:</b></p> <p>- Transversal y Descriptivo.</p> <p><b>Tipo de Diseño:</b></p> <p>- Muestreo no probabilístico.</p> <p><b>Población:</b></p>

<p>¿Qué medidas son planteadas para evitar el deterioro de las propiedades físicas y químicas de los suelos irrigados por inundación y por goteo para mantener rendimientos sostenibles de los cultivos?</p>	<p>Sugerir un plan de manejo para evitar el deterioro de las propiedades físicas y químicas de los suelos para mantener rendimientos sostenibles de los cultivos.</p>	<p>campo. Concluyó que los valores de la conductividad eléctrica y de la reacción del suelo, confirmaron el inicio de un proceso de acumulación de sales con tendencia de incrementarse en la zona baja del área estudiada. Además, las parcelas del subsector bajo fueron abandonadas e invadidas por grama y sales cristalizadas. Esta coyuntura estuvo relacionada con la pérdida de terrenos de cultivo. Asimismo, no fue posible determinar con exactitud el alcance y la dimensión de dicho proceso, debido a la existencia de cierta influencia marina, debido a la proximidad de las parcelas con altos contenidos de sales. Finalmente, debió tomarse en cuenta los inconvenientes relacionados con el sistema de riego en la zona, donde fue posible observar muchos aspectos favorables tales como: el uso eficiente del recurso agua, el mantenimiento de las propiedades del suelo, una diversificación de cultivos que dieron altos rendimientos.</p> <p><b>Regionales:</b></p> <p>Ventocilla (2015) ejecutó un trabajo de investigación titulada "Clasificación de la fertilidad de los suelos del predio "Fundo Nuevo" por el método de capacidad-fertilidad de Végueta-Huaura", cuyo objetivo fue clasificar los suelos del "Fundo Nuevo" en el centro poblado de Medio Mundo, distrito de Végueta, Huaura, Perú". Concluyó que los suelos son de escaso desarrollo pedogenético con perfiles A/C y taxonómicamente son</p>	<p>bajo riego por gravedad y por goteo.</p> <p><b>H3:</b> Las medidas de manejo y mantenimiento sostenible de las propiedades físicas, químicas y de la materia orgánica de los suelos, evitarán cambios cuando son irrigados mediante dos sistemas de riego.</p>	<p>MO 5 % %porosidad</p> <p><b>Variable 2</b> Propiedades Químicas</p> <p><b>Dimensiones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• pH: Por rangos, ácido, neutro, alcalino. Cationes cambiables</li> <li>• Conductividad eléctrica: Sales presentes en los suelos.</li> <li>• Fósforo y Potasio disponible: Según su uso del suelo.</li> <li>• CIC: Cantidad de cargas negativas que tiene el coloide arcillo humico.</li> </ul> <p><b>Variable 3</b> Propiedades Biológicas</p> <p><b>Dimensiones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Materia orgánica: Porcentaje o gr.kg-1</li> </ul>	<p>La población estuvo constituida por los todos los suelos de Végueta – Huaura cultivados con "palto" de la variedad Hass por periodos de más de 10 años e irrigados por dos sistemas de riego: Gravedad y goteo.</p> <p><b>Muestra:</b></p> <p>La muestra estuvo representada por los suelos ubicados en dos fundos: "el Huero de los Olivos" y "El Cascajal" que tienen instaladas plantaciones de palto.</p> <p><b>Técnicas de Recolección:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recopilación documental: Recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos.</li> </ul>
--	---	--	---	--	---

		<p>Aridisoles y A3sf por su capacidad de uso mayor. Con muy baja a baja fertilidad, la presencia de carbonatos representó una severa limitación porque puede causar el fósforo se fije, asegurando que los niveles de salinidad presentes en dichos suelos no permitieron el desarrollo normal de cualquier cultivo, incluyendo aquellos cultivos con una alta sensibilidad a la salinidad del suelo.</p> <p><b>Bases Teóricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Sistemas de riego</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Riego por gravedad:</b> Es el sistema de riego mediante el cual se aplica el agua al suelo para ser distribuido solamente por acción de la fuerza de gravedad.</li> <li>▪ <b>Riego por goteo:</b> Es un tipo de riego muy utilizado en las zonas áridas y se fundamenta la distribución del agua más los fertilizantes sobre o dentro del suelo, llegando directamente a la zona radicular de las especies cultivadas.</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> <p><b>Bases Teóricas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b></li> </ul>			<p><b>Técnicas de Procesamiento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tabulación de Resultados: Tablas o cuadros, listas.</li> </ul>
--	--	---	--	--	--

		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>Principales propiedades del suelo:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Propiedades Físicas:</b> Conocida la importancia del suelo, es de primordial necesidad tener en cuenta la definición y descripción de las principales propiedades físicas. Dentro de las principales propiedades tenemos: Textura, Humedad, Estructura, Color, Carbonato de Calcio, Pedregosidad, Densidad del Suelo, Espacio Poroso.</li> <li>▪ <b>Propiedades Químicas:</b> Dentro de las principales propiedades químicas del suelo tenemos: pH, Conductividad Eléctrica, Fosforo y Potasio disponible, CIC.</li> <li>▪ <b>Propiedades Biológicas:</b> Dentro de las principales propiedades biológicas tenemos: La materia orgánica.</li> </ul> </li> </ul>			
--	--	--	--	--	--