

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo agrícola basado en el aprovechamiento adecuado de las tierras, depende entre otros factores de una clasificación de suelos con fines de riego, de acuerdo a sus características morfológicas y físico-químicas.

A pesar de la existencia de estudios de suelos, los mismos no son de escala y nivel para la realización de una clasificación con fines de riego, como son los realizados, por el ZONISIG y el Proyecto diseño final presa El Molino.

Es por esta razón que se visualizaron estos problemas en las tierras ubicadas en la zona alta del departamento de Tarija, como son las tierras del cantón Iscayachi que pertenecen al municipio de El Puente y a la Segunda Sección de la provincia Méndez.

En este sentido que la actividad agrícola en dicha zona es deficiente, ya que no cuenta con información básica como ser mapas de clasificación o aptitud de suelos, que permitan la organización territorial para impulsar un desarrollo agropecuario sostenible y por ende mejorar el nivel de vida del agricultor de la zona.

El presente trabajo es un levantamiento de suelos a nivel de semi detalle; clasificación con fines de riego en márgenes del río Tomayapo del cantón Iscayachi en el que se incluyen los resultados de gabinete, campo y laboratorio realizados durante el levantamiento.

El trabajo comprende las siguientes partes:

- a) Descripción del área de estudio, taxonomía y clasificación de tierras con fines de riego.
- b) El anexo que incluye la descripción de perfiles, pruebas de infiltración, resultados de laboratorio, fotografías de infiltraciones, perfiles modales, etc.

Este informe comprende 2 mapas del área de estudio de 6.584,60 hectáreas a escala 1:20.000, donde se muestra:

- La distribución cuantificada de los suelos.
- Mapa de aptitud para el riego.

## **1.1. OBJETIVOS**

### **1.1.1. OBJETIVO GENERAL**

Obtener información básica de los recursos suelo y agua para poder generar datos específicos para el manejo integral del componente agrícola, en las márgenes del río Tomayapo en el cantón Iscayachi.

### **1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar un levantamiento de suelos a nivel de semidetalle (3<sup>er</sup> Orden).
- Clasificar tierras según su aptitud para el riego, para un programa agrícola adecuado, mediante métodos de campo, laboratorio e interpretación de éstos, para el correcto uso de suelos para la agricultura bajo riego.
- Determinar la infiltración del suelo para cada una de las clases y subclases de tierras.

## **CAPÍTULO 2**

### **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

#### **2.1. METODOLOGÍA**

El levantamiento de suelos contempla todas las investigaciones necesarias, realizadas en gabinete y en el campo, según se describe a continuación:

a) Primera fase

Realizada en gabinete y consistió en:

- Acopio de datos e información existente, relacionando al trabajo realizado.
- Fotointerpretación aplicada al estudio de suelos.
- Elaboración de la leyenda del mapa de suelos.
- Selección de datos técnicos relacionados al trabajo de campo.

b) Segunda fase

Consistió en los trabajos específicos de campo, donde se realizó un estudio sistemático de los suelos de la zona, aplicados para un nivel de semi detalle, con un sistema de mapeo libre en base a barrenadas y observaciones propias de los terrenos.

Este trabajo sistemático dio lugar a la determinación de las unidades de mapeo, tomando como parámetros específicos la profundidad, las pendientes que determinó la diferenciación de cada una de estas unidades que tienen sus características morfológicas propias.

Posteriormente con fines de representar a cada una de las unidades de mapeo, se procedió a la distribución equitativa de los perfiles modales en las que se procedió a la descripción detallada de los perfiles modales a través de calicatas, con dimensiones de 1,20 m. de profundidad (o hasta material parental), por 1,0 m. de ancho y 2,0 m. de largo. (Soil Survey Manual, (1990) Soil Taxonomy del departamento de agricultura de los EUA.).

Para la descripción de los perfiles, se ha seguido las normas establecidas por la “Guía para la descripción de perfiles” de la FAO (1985) y la metodología para estudios de campo del “Soil Survey Manual” (1990) del departamento de agricultura de los EUA.

Según esta metodología, para cada componente del perfil, se analizaron los siguientes aspectos:

- Características del sitio (localización, altitud, posición fisiográfica, relieve, vegetación o uso de la tierra).
- Características generales del suelo (material parental, drenaje natural e interno, profundidad efectiva, profundidad de la capa freática, evidencia de erosión, presencia de sales o álcalis, presencia de piedras, afloramientos rocosos, influencia humana e inundabilidad).
- Características de cada horizonte (espesor del horizonte, color, textura, estructura, consistencia en seco y húmedo, actividad biológica, contenido de raíces, etc.).

Para el análisis químico, se tomaron muestras en bolsas de polietileno con fichas distintivas, de cada uno de los horizontes, que se enviaron, para su respectivo análisis en los laboratorios del Servicio Departamental Agropecuario (SEDAG-Tarija).

De igual manera se procedió a la toma de muestras inalteradas (en cilindros) para su análisis físico que se realizó en el mismo laboratorio.

Las pruebas de infiltración en el campo siguieron el sistema de doble anillo, con dos repeticiones por cada observación detallada (por calicata). En el informe se presentan las pruebas con los coeficientes de correlación por cada calicata.

## **2.2. CLASIFICACIÓN DE SUELOS CON APTITUD PARA RIEGO**

El presente estudio ha sido elaborado con el propósito de analizar las características edáficas predominantes que permiten establecer su potencial, para su posterior utilización y aprovechamiento.

## **2.2.1. CLASIFICACIÓN DE LAS TIERRAS PARA AGRICULTURA BAJO RIEGO**

### **2.2.1.1. PRINCIPIOS DE CLASIFICACIÓN**

El propósito de esta clasificación, es conocer la aptitud de la tierra para una explotación agrícola bajo riego. El procedimiento a seguir es el siguiente:

- Una comparación del recurso tierra y experiencias económicas de otras áreas similares en características físicas y climáticas.
- Análisis de las probables influencias de los factores físicos individuales de las tierras.
- Una separación de los factores físicos (suelo, drenaje y topografía) en categorías que tengan aproximadamente igual significación económica.
- En este estudio, los factores físicos forman la base de la clasificación y son estudiados con suficiente detalle.

Esta clasificación se basa en la propuesta del “BUREAU OF RECLAMATION” que es una interpretación de las características físicas-químicas de las diferentes condiciones de los suelos en función de su aptitud para el regadío. En esta clasificación, se propone seis clases de tierras cuyas definiciones se muestran en orden creciente de limitaciones en el uso y que se subdividen en subclases.

## **2.3. FACTORES DE CLASIFICACIÓN DE LA TIERRA**

### **2.3.1. CLASES DE TIERRAS**

**Clase 1.** Las tierras de esta clase son **muy apropiadas** para el riego y tienen escasas limitaciones que restringen su uso y se adaptan a una amplia serie de cultivos.

**Clase 2.** En esta clase se clasifican a las tierras **moderadamente apropiadas** para el riego y poseen algunas limitaciones que reducen la elección de los cultivos o requieren prácticas especiales de conservación, una pequeña limitación con respecto a cualquiera de las características de la tierra de la clase 1 coloca generalmente ésta, en la clase 2.

**Clase 3.** Las tierras de esta clase son **poco apropiadas** para el riego y tiene limitaciones muy severas que restringen la elección de los cultivos, requieren un manejo muy cuidadoso y prácticas especiales de conservación o una combinación de ambos, las tierras son capaces de producir por lo menos pocas cosechas.

**Clase 4.** Las tierras de esta clase son **muy poco apropiadas** para el riego y tienen limitaciones muy serias que restringen la elección de los cultivos, requieren un manejo muy cuidadoso y prácticas especiales de conservación. Las tierras de esta clase deben ser capaces de producir por lo menos pocas cosechas.

**Clase 5.** Esta clase se considera de **CONDICIONES ESPECIALES**, las cuales no cumplen con los requerimientos mínimos para las clases 1 a 4, condiciones climáticas favorables y con prácticas especiales de manejo y conservación de tierras y aguas, pueden ser aptas para cultivos especializados.

**Clase 6.** Las tierras de esta clase, no son apropiadas para el cultivo de regadío y corresponden a aquellas que no cumplen con los requerimientos mínimos para las clases 1 a 5, que están fuera del alcance del agua de riego, que constituyen áreas urbanas o rurales, o que por alguna otra condición resultan inadecuadas para el riego.

### **2.3.2. SUB CLASES DE TIERRAS**

#### **Subclases**

Las subclases de aptitud de tierras para el regadío están constituidas por un grupo de suelos dentro de una clase que poseen los mismos tipos de limitaciones predominantes y permanentes para usarlas en el riego.

Las subclases nos proporcionan información más detallada con respecto al tipo de limitación a una combinación de limitaciones.

**Subclase (s).** Donde las limitaciones de suelo o zona radical es un riesgo dominante para su uso. Estas limitaciones con el resultado de factores tales como suelos delgados, pedregosidad, baja capacidad de retención de humedad, fertilidad baja, salinidad, alcalinidad, etc.

**Subclase (t).** Limitaciones topográficas donde las pendientes fuertes, onduladas o disectadas o una combinación de ambas, presenta riesgos en el manejo del agua de riego.

**Subclase (w).** Es la limitación o riesgo dominante en el uso de las tierras bajo riego, entre los criterios para determinar que suelos pertenecen a esta subclase se encuentran el drenaje deficiente, humedad, nivel freático alto e inundaciones.

**Subclase (e).** La susceptibilidad a la erosión es el factor principal que presenta esta subclase para el uso de estas tierras.

Cuando los suelos poseen más de una limitación se indica cada una de ellas, colocando primero la limitación dominante.

#### **2.4. INFILTRACIÓN**

El proceso a través del cual el agua se mueve desde la superficie hasta penetrar en el suelo, se denomina velocidad de infiltración. En términos generales, es la capacidad del suelo para absorber el agua aplicada al terreno en forma natural o artificial durante el periodo de tiempo de esta aplicación. Este proceso está regido en términos generales, por la gradiente hidráulica, porosidad del suelo y viscosidad del agua. (Vásquez Absalón, Chang Navarro Lorenzo, 1988. Principios básicos del riego).

La fórmula fundamental para determinar la velocidad de infiltración, es la propuesta por Kostyakov, la misma que expresa la velocidad instantánea de infiltración:

$$I = kT^n \quad (\text{Ecuación 1})$$

I = velocidad de infiltración instantánea en centímetros por hora.

T = tiempo en minutos.

k = constante que representa la velocidad de infiltración al primer minuto, T = 1 minuto.

n = exponente que es siempre negativo, varía con el tipo de suelo con valores entre 0 y -1.

Se denomina Infiltración Acumulada o Lámina de Agua Acumulada, a la cantidad de agua expresada en centímetros (cm.), que penetra en un suelo en un tiempo

determinado. Se obtiene integrando la ecuación (1) y dividida por 60 para expresar el tiempo (T) en minutos.

$$D = \frac{1}{60} \int_0^T I dT \quad (\text{Ecuación 2})$$

Reemplazando el valor de I de la ecuación (2) por la ecuación (1) se obtiene:

$$D = \frac{1}{60} \int_0^T kT^n dT \quad (\text{Ecuación 3})$$

Desarrollando la ecuación (3) se tiene:

$$D = \frac{kT^{n+1}}{60(n+1)} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Luego:

$$T = \left[ \frac{60 * D * (n+1)}{k} \right]^{\frac{1}{n+1}} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

D = Lámina de agua acumulada en centímetros, y T, k y n fueron ya definidos.

Si hacemos:

$$\frac{k}{60 * (n+1)} = c \quad (\text{Ecuación 6})$$

Y:

$$n+1 = b \quad (\text{Ecuación 7})$$

La ecuación (4) queda:

$$D = cT^b \quad 1 > b < 0 \quad (\text{Ecuación 8})$$

Donde:

c = lámina de agua infiltrada durante el primer minuto.

b = es la pendiente de la recta (positiva), y D y T fueron ya definidos.

La Velocidad de Infiltración Promedio (Ip) es la relación que existe entre la lámina acumulada y el tiempo acumulado. La expresión matemática se obtiene de la relación entre la ecuación de la lámina de agua acumulada D, y el tiempo T.

$$I_p = \frac{D}{T} \quad (\text{Ecuación 9})$$

Remplazando la ecuación (8) en la anterior:

Así la expresión matemática de la infiltración acumulada corresponde a la integración de la Velocidad de Infiltración.

$$I_p = \frac{c * T^b}{T} \quad (\text{Ecuación 10})$$

Remplazando c y b de la ecuación (10) por los valores de las ecuaciones (6) y (7) se obtiene:

$$I_p = \frac{kT^n}{(n+1)} \text{ cm./hr.} \quad (\text{Ecuación 11})$$

Combinando las ecuaciones (6) y (11) se obtiene:

$$I_p = 60cT^n \text{ cm./hr.} \quad (\text{Ecuación 12})$$

La infiltración básica (Ib) es otro parámetro que merece ser calculado. De acuerdo al Servicio de Conservación de Suelos de los EE.UU., la infiltración básica es el valor instantáneo cuando la velocidad de cambio de la infiltración para un periodo estándar es el 10% o menos de su valor.

El tiempo para el cual la I = Ib se encuentra igualando la primera derivada de la ecuación de Kostyakov:

$$\frac{d(kT^n)}{d(T)} = -0.1kT^n$$

Derivando la expresión se obtiene:

$$nT^{(n-1)} = -0.1T^n$$

Para expresar la ecuación en minutos:

$$60nT^{(n-1)} = -0.1T^n$$

Luego:  $T = -600n$

Los parámetros de la ecuación de la infiltración dependen de muchos factores, los cuales resultan de una gran diversidad de valores cuantitativos comúnmente encontrados en condiciones de campo. Lamentablemente porque algunos de estos factores son extremadamente dinámicos, ellos cambian con el suelo y el manejo del agua. Por lo tanto no ha sido posible obtener un valor de infiltración correspondiente a una específica unidad taxonómica de suelo, excepto cuando se usa una expresión cualitativa como: alta, moderada y baja.

Luego de realizar las diferentes pruebas de infiltración en dos pruebas por perfil modal por el método del doble anillo de los que se presenta los resultados de dichas pruebas con sus respectivas gráficas y ecuaciones:(ver anexo II).

## **2.5. CLASIFICACIÓN DE SUELOS**

Clasificar, según Cline (1949), consiste en organizar nuestros conocimientos, de forma que las propiedades de los objetos puedan ser recordados y sus relaciones mutuas entendidas más fácilmente para un objetivo específico.

Con base en estas formulaciones de Cline y Smith (1965), citado por Mejía (1985) quien señala que clasificar es el agrupamiento de objetos con base en las propiedades que ellos tienen en común.

### **2.5.1. LEVANTAMIENTO DE SUELOS**

Se considera al suelo como una colección de cuerpos naturales sobre la superficie de la tierra, que soporta las plantas y tiene un límite inferior en la parte profunda del material mineral no consolidado o del material orgánico que se encuentra dentro la zona radicular de las plantas nativas perennes; en donde ocurren horizontes compactos que obstaculizan el paso de las raíces; se tiene como suelo a la parte superficial de la corteza terrestre (hasta 2 m.), que tengan propiedades que lo diferencien del material rocoso subyacente y que sean producto de la interacción del clima, los organismos vivos, el material parental y el relieve a través del tiempo. (CIAF, 1974).

Del concepto mencionado anteriormente, el levantamiento de suelos es una metodología para estudiar y describir sistemáticamente el recurso suelo.

El Centro Interamericano de Fotointerpretación (CIAF) de Colombia (1982), señala seis niveles de levantamiento de suelos que están de acuerdo a las finalidades en que pueden ser utilizados, éstos son:

### **CUADRO N° 1**

#### **NIVELES DE LEVANTAMIENTO**

<b>Niveles del levantamiento</b>	<b>Orden del levantamiento</b>
Muy detallado	Primer orden (1°)
Detallado	Segundo orden (2°)
Semidetallado	Tercer orden (3°)
General o Reconocimiento	Cuarto orden (4°)
Preliminar	Quinto orden (5°)
Exploratorio	Sexto orden (6°)

Fuente CIAF 1982.

El propósito de un levantamiento edafológico, es estudiar el origen, conocer las propiedades de los suelos, su distribución geográfica y predecir su adaptabilidad a los diferentes usos.

Según el Soil Survey Manual (1975), y de acuerdo al nivel de estudio, el levantamiento edafológico es una investigación científica que incluye las actividades necesarias para:

- Determinar las características importantes de los suelos.
- Clasificar los suelos en tipos definidos y otras unidades de clasificación.
- Establecer e indicar sobre mapas los límites entre clases de suelos.
- Correlacionar y predecir la adaptabilidad de los suelos a los diversos cultivos, pastos y árboles; su productividad bajo sistemas de manejo diferentes.

#### **2.5.2. SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN**

Un agrupamiento lógico de cualquier grupo de materiales heterogéneos o de individuos, es necesario para estudiarlos provechosamente, tal sistema de

agrupamiento es conocido como clasificación.

En el escrito de Cline (1949), citado por Smith (1965), expresa: "El propósito de cualquier clasificación es el organizar el conocimiento de tal manera que las propiedades de los objetos puedan ser recordados y se puedan entender más fácilmente sus relaciones mutuas con un fin específico. Este proceso involucra la formación de clases a través del agrupamiento de los objetos en base a sus propiedades comunes".

La población natural de combinaciones de características de suelos, pueden ser ordenados, estratificados y clasificados por medio de un sistema de clasificación natural y taxonómica, cuyo objetivo es mostrar el mayor número de relaciones en las propiedades más importantes de los suelos, de ahí que la clasificación sea uno de los elementos esenciales de toda actividad de investigación, Cortés (1982).

### **2.5.3. SISTEMAS ANTIGUOS DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS**

En diferentes partes del mundo y a través del tiempo se desarrollan varias formas de sistemas de clasificación.

Los primeros intentos para clasificar sistemáticamente los suelos se hicieron en China hace varios siglos, aquí se tomaron en cuenta a la productividad como base para la clasificación.

Al iniciarse en Rusia la moderna ciencia del suelo, Dokuchaiev (1886), se comienza a clasificar los suelos en base a sus características internas, se propone el perfil como la unidad de observación y se establecen los factores formadores del suelo. También presenta una primera clasificación sobre la base del sistema natural y su potencialidad agrícola; este sistema da mucha importancia al clima. Dokuchaiev considera al suelo como un cuerpo natural diferente al lecho rocoso.

Los seguidores de la escuela rusa como Sibirtsev et al. (1922) sobre la base de las anteriores clasificaciones, establecieron una clasificación más amplia de los cuales consideraron tres grandes grupos que denominaron:

- Zonales
- Intrazonales
- Azonales

Coffey en 1912, publica una descripción de la escuela rusa en la que rechaza los escritos del clima, vegetación y sostiene que la clasificación deberá basarse en las propiedades mismas del suelo; con este concepto clasificó los suelos de los EE.UU. en cinco clases:

- Suelos áridos
- Suelos oscuros de pradera
- Suelos claros de bosque
- Suelos negros de pantano
- Suelos orgánicos

Amorós et al. 1967 en su estudio de los suelos europeos encontró dos grandes grupos o clases de suelos:

- Suelos húmedos
- Suelos áridos

Al igual que las anteriores clasificaciones el clima es de gran importancia.

#### **2.5.4. SISTEMAS MODERNOS DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS**

Amorós et. al. (1967), cita algunos sistemas, como el elaborado por Vilensky, quien distingue cuatro clases principales de suelos basados en factores dominantes en su formación son:

- Termogénicos: suelos que se forman en regiones subtropicales, el factor dominante es la temperatura.
- Fitogénicos: suelos que se forman en zonas templadas, cuyo factor dominante es la vegetación natural.
- Hidrogénicos: suelos que se forman en zonas frías, cuyo factor dominante es la inundación.

- Hologénicos: suelos que se forman en zonas secas y áridas en presencia de sales sódicas, cuyo factor dominante son las sales sódicas.

El sistema de Stebeett, citado por Espinoza (1987), se basa en el carácter o tendencia de los procesos edafológicos y toma los siguientes criterios:

La descomposición que afecta a los minerales silicatados, la síntesis de nuevos productos y diferenciación de los horizontes (eluviación e iluviación); en base a estos criterios se distingue dos grupos de suelos:

- Suelos no desarrollados.
- Suelos desarrollados.

#### **2.5.5. SISTEMA AMERICANO "SOIL TAXONOMY"**

En 1951 se comenzó a incorporar al conocimiento de muchos científicos de suelos del mundo, que quisieran colaborar con los pedólogos americanos. El procedimiento seguido por los líderes del nuevo sistema taxonómico, fue el de circular una serie entre todos los pedólogos que ofrecieron su cooperación y revisar cada aproximación para incorporar las sugerencias hechas. Se tuvieron en cuenta otros sistemas de clasificación existentes en el mundo.

Finalmente para asegurar un criticismo lo más amplio posible y tomando en cuenta otros sistemas, se publicó la "Séptima Aproximación" en 1960, la que recibió y tomó en cuenta todas las sugerencias y críticas.

En 1964 se preparó y publicó un suplemento de la Séptima Aproximación para someterla a cambios.

En 1965 ya se empezó a usar la clasificación y se publica dos suplementos: el primero es usado en 1967 y el segundo en 1970 bajo el título de "Artículos seleccionados del texto" publicando la taxonomía de suelos de los EE.UU.

En forma definitiva en 1975 es publicada el Sistema Taxonómico de la Séptima Aproximación; el mismo es distribuido en los EE.UU., y otros países del mundo; éste llega a ser el sistema taxonómico de clasificación de suelos más completo y aceptado.

Según la última versión de la taxonomía de suelos la Technical Monograph N° 19, (USDA 1992), la Séptima Aproximación, es una clasificación teórica de suelos, que se apoya fundamentalmente sobre criterios morfológicos, químicos y mineralógicos.

El Soil Taxonomy es un sistema de clasificación completamente nuevo y sus autores pusieron las siguientes bases y objetivos:

1. De que fuese un sistema aplicable en todo o en la mayor parte del mundo.
2. Que tuviese la máxima utilidad y la más amplia gama para usarla.
3. Que fuese un sistema eminentemente "natural" antes que "artificial", teniendo en cuenta que los suelos son ante todo cuerpos naturales.
4. Que la clasificación estuviese basada en propiedades tales que afecten la génesis del suelo o sean el resultado de la génesis del mismo, y que sean observables y medibles.
5. Que fuese una clasificación jerárquica a fin de que:
  - a) Sus grupos o clases pudiesen ser definidos exactamente en forma operacional.
  - b) Los grupos o clases además de ser mutuamente excluyentes, diesen lugar a la posterior inclusión de casos ocasionales de perfiles o pedones de características aberrantes.
  - c) Sus clases, además de ser fácilmente comprendidas y memorizadas, puedan ser establecidas en base a unas pocas características, sin necesidad de darle el mismo paso a todos los criterios utilizados para clasificar los suelos.

El Sistema Americano "Soil Taxonomy" se caracteriza por:

- Ser un sistema multi categórico pues, ordena sistemáticamente a los suelos que los considera cuerpos naturales independientes con morfología distinta.
- La clasificación se fundamenta en las propiedades del suelo, concentrando la atención en este mismo ya que se trata de clasificar suelos y no factores o procesos de formación.

- Se da la mayor importancia a las propiedades del horizonte superior, Cortes (1982).

### **2.5.6. OTROS SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN**

Existen varios sistemas de clasificación de suelos en el mundo, a continuación se menciona los de mayor importancia:

#### **2.5.6.1. SISTEMA FAO/UNESCO**

Este sistema entra en vigencia en el año 1960, que al igual que el Soil Taxonomy, trata de correlacionar los suelos a nivel mundial y obtener un inventario del recurso suelo de todo el mundo, a través de un conjunto de mapas de suelos con una leyenda de fácil interpretación.

Las definiciones se basaron en los criterios de la Séptima Aproximación; pero la nomenclatura se sacó de otros sistemas.

El sistema FAO/UNESCO, en realidad no es un sistema formal de clasificación sino un sistema bicategorico, donde la categoría más alta es la unidad que tiene una equivalencia aproximada con el nivel de grandes grupos del Soil Taxonomy y la categoría más baja es la sub unidad formada por intergradados o suelos de horizontes de características especiales (macro pedológicas).

La FAO/UNESCO define un sistema de clasificación de suelos que constituyen dos proyectos:

- Zonas Agrológicas.
- Degradación de suelos (citado por Espinoza, 1987).

Se han elaborado un gran número de clasificaciones, pero no hay hasta la fecha ninguna que haya sido aceptada en forma universal ya que debemos recordar que la clasificación es una herramienta generada por la mente del hombre.

### **2.6. PROPIEDADES DEL SUELO COMO BASE DE LA CLASIFICACIÓN**

El sistema tiene categorías definidas en términos de propiedades de los suelos observables o medibles y seleccionados fundamentalmente para agrupar suelos de

génesis similares.

La génesis sin embargo no aparece en las definiciones, éstas han sido establecidas como se anotó, en base a propiedades del suelo únicamente, Cortés (1982).

Se decidió definir el nuevo sistema en términos de propiedades del suelo por las siguientes razones:

1. Se trata de clasificar suelos, no de factores o procesos de formación del suelo que no es lo mismo bajo todas las condiciones, sino que está determinada por el efecto combinado de otros factores; así en un mismo clima se puede encontrar suelos más húmedos que otros, debido al efecto modificador de la textura y el relieve.
2. Definiciones en términos de propiedades del suelo concentran su atención en el suelo en sí mismo, más que en ciencias relacionadas, tales como la geología, climatología y otras similares.
3. Los suelos de génesis desconocida no pueden clasificarse si las definiciones se describen en términos de génesis de suelos. La génesis de muchos suelos que han sufrido cambios en clima y vegetación, es muy compleja, hasta el presente no se sabe cómo evaluar los efectos relativos de un medio ambiente antiguo en relación a uno reciente.
4. Se necesita una clasificación que se pueda aplicar con razonable uniformidad por un gran número de pedólogos y las definiciones de clases deben ser por consiguiente tan precisas como sea posible.

Una clasificación con base genética que dependa de las ideas del clasificador de cómo se ha desarrollado un suelo dado y de cómo evolucionará en el futuro es subjetiva, aún en la actualidad no existe un criterio unificado respecto a problemas de génesis de suelos, de manera que si las categorías y clases del sistema son definidas en términos genéticos, cualquier suelo podrá ser clasificado en tantas formas.

### **2.6.1. BASES PARA LA SELECCIÓN DE LAS PROPIEDADES DIAGNÓSTICAS**

Varias consideraciones generales han servido de guía para la selección de las propiedades, que se usan para definir las unidades del sistema americano de clasificación de suelos:

1. Se utilizan únicamente aquellas que existen actualmente o que puedan demostrarse, un buen número de propiedades de los suelos presentan variaciones estacionales; el contenido de materia orgánica la relación C/N, la saturación de bases, el pH y la temperatura del suelo tienden a fluctuar a través del año.
2. Se utilizan para la definición de las categorías y sus clases aquellas propiedades que son resultado de la génesis del suelo o afectan la génesis del mismo.
3. Cuando se seleccionan propiedades diagnósticas, es necesario a menudo, escoger entre varias que tienen aparentemente igual significado desde el punto genético; al hacer esta escogencia se permite seleccionar para la categoría más alta la propiedad que tenga el mayor significado para el crecimiento de las plantas.
4. Las propiedades seleccionadas deberán ser medibles o tangibles. Aquellas propiedades que no pueden ser estimadas en el campo, deberán ser utilizadas como una última alternativa únicamente.
5. Las ideas de génesis son una base ineludible para la selección de las propiedades diagnósticas en el nuevo sistema, sin embargo, es posible estudiar tres aspectos de génesis:
  - a) El primero puede mirar la génesis de un suelo, con respecto a los efectos directos de los factores formadores del suelo como son el clima, vegetación y pendiente.
  - b) Un segundo aspecto de génesis, es la evolución del suelo donde se podrá seleccionar propiedades para agrupar estados de desarrollo de un suelo.

- c) Un tercer aspecto y más útil de génesis, es el hecho de que los procesos que han sido dominantes en desarrollo de un suelo, dejan su marca en éste; estos procesos que se desarrollan en los suelos, rara vez pueden ser vistos o medidos, pero los efectos de su interacción, si pueden ser evaluados, Cortés (1982).

### **2.6.1.1. HORIZONTES DIAGNÓSTICOS**

Son horizontes específicos en los cuales un grupo de propiedades, excepto la estructura, se deben determinar después de mezclar el suelo superficial hasta 18 cm., de profundidad o si hay roca a menos de 18 cm., después de haber mezclado todo el suelo hasta la roca.

#### **a. Material mineral del suelo**

Se considera que el material de un suelo es mineral cuando:

1. Nunca está saturado con agua por más de unos pocos días, y tiene < 20% de carbón orgánico por peso, o cuando:
2. Está saturado con agua durante largos períodos o ha sido artificialmente drenado y tiene:
  - a) < 18% de carbón orgánico por peso, si el 60% o más de la fracción mineral está constituida por arcilla.
  - b) < a 12% de carbón orgánico por peso, si la fracción mineral no posee arcilla o un porcentaje proporcional de carbón orgánico.

#### **b. Suelo mineral**

Es aquel suelo que llena los siguientes requisitos:

1. Su contenido de material mineral de diámetro < a 2 mm., constituye más de la mitad de los 80 cm. superficiales del suelo.
2. La profundidad a la cual presenta un substrato rocoso < a 40 cm. y la capa o capas del suelo mineral que se encuentran por encima de él, tienen un espesor de 10 cm. o mayor.

3. La profundidad a la que se encuentran el substrato rocoso mayor a 40 cm., el espesor de los materiales minerales que están inmediatamente por encima de 10 cm. o mayor. (Benítez O. Wilfredo, 1991, Concepto básicos sobre el suelo y su clasificación, Tarija-Bolivia).

#### **2.6.1.2. HORIZONTES DIAGNÓSTICOS SUPERFICIALES (EPIPEDONES)**

Son horizontes superficiales de la acción de los diferentes procesos de formación de suelos. El epipedón no es sinónimo de horizonte A, ya que pueden ser más delgados que el horizonte A o incluir alguna parte del B.

La Taxonomía de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), clasifica seis diferentes tipos de epipedones, que se pueden encontrar en los suelos minerales y orgánicos, los cuales se detallan a continuación:

##### **Epipedón mólico (L. mollis, suave)**

Horizonte superficial en la que después de mezclar los 18 cm. superficiales del suelo, posee más de 1.0% de materia orgánica, cuyo valúe (brillo), en seco es menor de 5.5 y menor de 3.5 en húmedo; su estructura no debe ser masiva ni dura en seco y con una saturación de bases mayor al 50%.

##### **Epipedón úmbrico (L. umbra, sombra o sea oscuro)**

Este epipedón presenta características muy similares al mólico en lo que se refiere a color, espesor, materia orgánica, estructura; diferenciándose por su carácter de ser más ácido que el mólico y presentan una saturación de bases (SB) menor al 50%.

##### **Epipedón antrópico**

Horizonte superficial que llena todos los requisitos del epipedón mólico y se diferencia del mismo porque tiene más de 250 ppm. (partes por millón) de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> soluble en ácido cítrico; puede tener o no una saturación de bases igual o mayor al 50%; el tiempo que dispone de humedad éste es menor que el mólico.

##### **Epipedón hístico (G. hístos, tejido)**

Horizonte superficial que presenta un contenido de carbono orgánico (12 a 18%), que

está relacionado con la proporción de arcilla en la fracción de la tierra fina debe tener por lo menos 12% de carbono orgánico, cuando en la fracción de la tierra fina no existe arcilla, contiene por lo menos 18% de carbono orgánico, cuando en la fracción de la tierra fina la proporción de arcilla es mayor o igual a 60%; tiene un espesor entre 20 y 40 cm. de acuerdo a que si el suelo ha sido drenado o no.

El epipedón hístico de acuerdo al grado de desarrollo en el cual se encuentran los materiales orgánicos está representado por los siguientes horizontes:

**a) Horizonte fábrico**

Horizonte orgánico cuya masa sin macerar consta de más de 2/3 de fibras, su densidad aparente es menor que 0-1 gr./cm<sup>3</sup>.

**b) Horizonte húmico**

Horizonte orgánico que tiene en su masa sin macerar de 1/3 a 2/3 de fibras, su densidad aparente fluctúa entre 0.07 y 0.18 gr./cm<sup>3</sup>.

**c) Horizonte sáprico**

Presenta un mayor grado de desarrollo que los anteriores, presenta un contenido menor a 1/3 de fibras en su masa sin macerar y cuyo extracto con pirofosfato de sodio da con el papel cromatográfico un color de valúe más bajo y croma más alto que 10YR 7/3.

**Epipedón plágeno (Al plaggen, camada de paja)**

Tiene los mismos requisitos que el epipedón mólico, la taxonomía de suelos define a este epipedón como un horizonte hecho por el hombre, de un espesor de 50 cm. o más, que es el resultado de una prolongada utilización de abonos. Su color y contenido de carbono orgánico, dependen por lo general de la fuente de materiales verdes utilizados.

Generalmente contienen diferentes tipos de artefactos (pedazos de ladrillos, etc.), que ponen de manifiesto el carácter de artificial de estos horizontes.

### **Epipedón ócrico**

El epipedón ócrico es un horizonte superficial que por no cumplir alguno de los requisitos para el epipedón mólico, se clasifica como tal; por tener un espesor menor a 18 cm., colores muy claros (valúe o croma demasiado alto), duros o masivos cuando están secos, materia orgánica menor a 1% y una saturación de bases menor al 50%. En general el epipedón ócrico debe mostrar clara huella de una incipiente evolución.

### **2.6.1.3. HORIZONTES DIAGNÓSTICOS SUBSUPERFICIALES (ENDOPEDONES)**

Como su nombre lo indica los endopedones, son horizontes sub superficiales que se encuentran por debajo del espesor superficial del suelo, aunque en algunos sitios pueden formarse inmediatamente bajo de una capa de hojarasca (litter).

Otras veces pueden quedar expuestas en la superficie como resultado de procesos de erosión.

### **Horizonte argílico**

Es un horizonte de acumulación de arcilla iluvial, se forma bajo un horizonte eluvial, pero puede estar expuesto en la superficie si el suelo ha sido parcialmente truncado.

Para que un horizonte iluvial sea considerado como argílico debe cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Si tiene por encima un horizonte eluvial (E) y no hay discontinuidades litológicas interpuestas entre él y el horizonte argílico.

Si el horizonte eluvial tiene más del 15% de arcilla en total, el horizonte argílico debe contener por lo menos 3% más de arcilla. Si el eluvial tiene 10% de arcilla, el iluvial debe tener por lo menos 13%; el valor de la relación arcilla fina/arcilla total en el argílico debe ser mayor por lo menos en 1/3 respecto a las capas situadas inmediatamente por encima y por debajo.

Si el horizonte eluvial tiene más del 15% pero menos del 40% de arcilla total, el valor de la relación arcilla horizonte argílico/arcilla horizonte eluvial es igual o

mayor a 1,2.

Si el horizonte eluvial tiene más del 40% de arcilla, el horizonte argílico debe tener 8% o más de arcilla fina que el horizonte eluvial.

- b) Debe tener un espesor de por lo menos 1/10 del espesor de las capas situadas por encima. Si el horizonte es arenoso o arenoso franco, debe tener por lo menos 15 cm. de espesor; si es franco o arcilloso debe ser de 7,5 cm. o mayor.
- c) Si tiene peds, debe presentar argicutas en las caras de los peds y en los poros finos o cuerpos iluviales de arcilla.

Si el horizonte es arcilloso y las arcillas predominantes son de tipo expansible, el horizonte argílico no requiere presentar argicutas.

#### **Horizonte agrícola (L. ager, campo)**

Es un horizonte iluvial formado bajo cultivo que contiene cantidades significativas de limo, arcilla y humus iluviados.

Después de cultivos prolongados y continuos, el contenido de materia orgánica no es necesariamente alto, pero la relación de C/N en el horizonte agrícola es baja, inferior a 8; el pH está cercano a la neutralidad entre 6.0 y 6.5.

Este horizonte es común en el altiplano y zonas montañosas de las áreas tropicales y subtropicales húmedos y fríos, sujetos por lo general a procesos intensos de lixiviación, razón por la cual la saturación de bases suele ser baja (menor a 50%).

#### **Horizonte albico (L. albus, blanco)**

Es un horizonte del cual han sido removidos arcilla y óxidos de hierro libres o en el cual los óxidos han sido segregados hasta un grado tal, que el color del horizonte es determinado por el color de las partículas primarias de arena y limo que por revestimientos de dichas partículas, presentan las siguientes características:

- a) Posee un valúe en húmedo de 4 o mayor, o en seco de 5 o mayor o ambos.
- b) Los revestimientos de los granos de arena y limo son tan delgados, que el hue y el

croma son determinados por el color de las partículas o granos de arena y limo.

- c) Si el material parental tiene un hue de 5YR o más rojo, el horizonte álbico puede tener un croma en húmedo de 3, siempre y cuando dicho croma sea originado por el color natural de los granos de arena y limo.
- d) Se encuentra por lo general por encima de un horizonte argílico o espódico o en algunos casos en suelos arenosos, por encima de capas con una acumulación de arcillas o de sesquióxidos que no alcanzan a llenar los requisitos de ninguno de estos dos horizontes diagnósticos.

### **Horizonte nátrico (L. natrium, sodio)**

Tiene las mismas características que el horizonte argílico y además debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Presentar estructura prismática o más comúnmente columnar en alguna de sus partes, generalmente en la parte superior.
- Tiene un RAS igual o mayor a 13 (o posee una saturación de Na intercambiable mayor a 15%) en algún sub horizonte de los 40 cm. superficiales del argílico.
- Tiene más Mg + Na intercambiable que Ca + acidez intercambiable a pH 8.2, en algún horizonte dentro de los 40 cm. superficiales del horizonte argílico si la RAS es mayor a 13 (o el % de Na intercambiable mayor a 15%) en algún horizonte dentro de los 2 m. superficiales.

### **Horizonte espódico**

Es un horizonte sub superficial que se encuentra bajo un horizonte O, A, o Ap, además cumplir con los siguientes requisitos:

- 1) Tiene un sub horizonte de más de 2.5 cm. de espesor, cementados por la combinación de materia orgánica, hierro y/o aluminio.
- 2) Su distribución del tamaño de partículas pertenece a la clase arenosa o francosa gruesa y los granos de arena se presentan cubiertas por revestimientos agrietados.

3) Tiene uno o más sub horizontes en los cuales:

a) Si tiene > 0.1% de hierro extractable, el valor de la relación:

$$\frac{\text{Fe + Al (extraíble con pirofosfato a pH 10)}}{\text{\% de arcilla}} > 0.2$$

b) La suma del Fe + Al extraíble con pirofosfato, constituye la mitad o más de la suma de Fe + Al extraíble con ditionito-citrato:

$$\frac{\text{Fe + Al (extraíble con pirofosfato)}}{\text{Fe + Al (extraíble con ditionito-citrato)}} > 0.5$$

c) El índice combinado de material amorfo debe ser de 65 o mayor para cada sub horizonte, se calcula de la siguiente forma:

$$\frac{[\text{CIC (pH 8.2) - \% arcilla}]}{2} * \text{Espesor del sub horizonte}$$

#### **Horizonte plácico (Gr. de plax, piedra plana)**

Es definido como una delgada placa de color negro o rojizo oscuro cementada por hierro (Fe) y manganeso (Mn), o por un complejo de hierro y materia orgánica.

Su espesor fluctúa entre 2 y 10 mm. y rara vez menor de 1 mm. o mayor de 40 mm. Puede estar o no asociado con materiales parentales estratificados. Se presenta en el solum dentro de los 50 cm. superficiales, paralelo a la superficie del suelo; se presenta como una placa única y rara vez como varias placas superpuestas, pero también se presenta bifurcado y constituye un impedimento para la penetración del agua y raíces.

#### **Horizonte cámbico**

Es un horizonte producto de la alteración en la cual la textura de la tierra fina (menos de 2 mm.), es por lo menos arenosa muy fina, arenosa franca muy fina. Además presenta las siguientes características:

- Estructura de suelo o ausencia de estructura en la roca en al menos, la mitad del volumen.

- Cantidades significativas de minerales meteorizables.
- Suficientes cantidades de materiales amorfos o arcillas del tipo 2:1 como para un CIC mayor a 16 meq./100 gr. de arcilla.
- Evidencias de alteración.
- Carece de características de un horizonte argílico o espódico.
- No posee ni la dureza ni la fragilidad de un duripan o fragipan.
- Posee un espesor como para que la base esté por lo menos a 25 cm. de la superficie, a menos que el régimen de temperatura sea cálido o perigélico.

### **Horizonte óxico**

Este horizonte es definido en base a sus características químicas-mineralógicas y fundamentalmente se trata de un horizonte en un avanzado estado de meteorización que presenta las siguientes características:

- Debe tener por lo menos 30 cm. de espesor.
- Tiene textura areno-francosa fina o más fina en la fracción de la tierra fina (diámetro menor que 2 mm.).
- Tiene muy pocos minerales meteorizables.
- Tiene un CIC determinado por el acetato de amonio 1N, a pH 7, que es menor a 16 meq./100 gr. de arcilla.
- Tiene un CIC determinado por saturación de bases con acetato de amonio + aluminio con KCl que es menor o igual a 12 meq./100 gr. de arcilla.

En general poseen una estructura granular muy fina y una alta proporción de poros finos de gran estabilidad, que confieren a los oxisoles una alta permeabilidad.

### **Horizonte cálcico**

Es un horizonte de acumulación de carbonatos de calcio o Ca y Mg, que se presenta generalmente en el horizonte C, pero también puede desarrollarse en otro horizonte

superficial o sub superficial y puede presentarse de dos formas:

- En la primera los materiales que se encuentran bajo del horizonte cálcico y cumple los siguientes requisitos:
  - a) Un espesor de 15 cm. o más.
  - b) Un equivalente de carbonato de calcio de más del 15% que el horizonte subyacente (C).
- En el segundo horizonte puede tener:
  - a) Un espesor de 15 cm. o más.
  - b) Un equivalente de carbonato de calcio mayor a 15%.
  - c) Un contenido mayor e igual a 5% de carbonato de calcio secundario, identificable en forma de adherencias que cuelgan de los fragmentos gruesos.

### **Horizonte petrocálcico**

El horizonte petrocálcico es definido como un horizonte cálcico endurecido en forma continua en toda su masa como resultado de la concentración de carbonatos de Ca, y/o de Mg, con la posible contribución de sílice. El horizonte petrocálcico tiene una dureza mayor a 3 en la escala Mohos, normalmente tiene un espesor mayor a 10 cm.

### **Horizonte gípsico (o yesífero)**

Es un horizonte enriquecido con sulfatos y presenta las siguientes características:

- Presenta un espesor mayor o igual a 15 cm.
- Tiene menos o igual a 5% de yeso que las capas inferiores.
- La multiplicación del espesor (cm.) \* % yeso mayor a 150.

El porcentaje de yeso se puede calcular multiplicando los miliequivalentes de yeso por 100 gr. de suelo, por el peso de 1 miliequivalente de yeso, que es 0,086.

### **Horizonte petrogípsico**

Este horizonte es un horizonte gípsico lo suficientemente cementado y endurecido por

yeso, como para constituir una capa impenetrable para las raíces de las plantas, cuyos fragmentos secos al aire libre no se deshacen cuando se agitan en agua.

El contenido de yeso es muy superior al contenido mismo estipulado para el horizonte gípsico y por lo general superior al 60%.

### **Horizonte sómbrico**

Es un horizonte formado bajo condiciones de drenaje libre, contiene humus iluvial, no asociado con Al igual como el humus del horizonte espódico, ni tampoco disperso por Na como es en el horizonte nátrico; no tiene una alta capacidad de intercambio catiónico (CIC) en relación con la arcilla del horizonte espódico, ni tampoco la alta saturación de bases del horizonte nátrico.

Los horizontes sómbricos están restringidos a suelos fríos y húmedos de zonas de altura y montañas en regiones tropicales y subtropicales; tienen una saturación de bases menor al 50%; tienen un valúe y/o croma inferior al horizonte suprayacente (superior).

### **Horizonte sulfúrico (L. sulfur)**

Está compuesto por materiales edáficos minerales u orgánicos que tiene:

- Un pH menor a 3.5 (1:1 en agua)
- Moteados con un hue de 2.5 o más amarillo y un croma de 6 o más.

Este horizonte se forma como resultado de un drenaje artificial y la oxidación de materiales minerales u orgánicos ricos en compuestos sulfurados.

### **Horizonte sálico**

Es un horizonte de 15 cm. o más de espesor; caracterizado por enriquecimiento secundario de sales más solubles en agua que el yeso en el cual:

- a) El contenido de yeso es de 2% o mayor.
- b) El producto de su espesor en cm. por el porcentaje de sales es mayor o igual a 60.

### **Horizonte kándico**

1. Tiene un espesor de por lo menos 30 cm. o si el contacto petroférico, paralítico o ústico ocurre dentro de los 50 cm. de la superficie del suelo, entonces el horizonte kándico es por lo menos 60% de la distancia vertical entre los 18 cm. y el contacto, pero con un espesor de menos de 15 cm.
2. Tiene una textura franco arenosa fina a muy fina.
3. Subyace una textura gruesa en una superficie horizontal.
4. Tiene más de arcilla total, que la base del horizonte superficial sucesivamente gruesa, y que el contenido de arcilla incrementada es enriquecido en una distancia vertical de 50 cm. o menos.

### **Duripan (L. duras, duro y pan: capa dura)**

Es un horizonte sub superficial cementado por sílice en el cual:

- La cementación es fuerte que los fragmentos secos no se disgregan en agua.
- Hay recubrimientos de sílice en algunos poros, insoluble en HCl1N, pero soluble en KOH.

### **Fragipan (L. fragilis, quebradizo y pan: pan quebradizo)**

Horizonte sub superficial denso y quebradizo que restringe el movimiento del agua y de las raíces a través del perfil.

Generalmente es de textura franca y ocasionalmente arenosa, se presenta debajo de un horizonte cámbico, espódico, argílico o álbico, tiene un bajo contenido de materia orgánica, presenta una cementación fuerte, el espesor es variable, fluctúa entre 15 a 20 cm., con un límite superior que suele ser claro o abrupto y un límite inferior gradual difuso; presenta con frecuencia argicutas en forma de parches.

## **2.6.1.4. OTRAS CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS**

### **Contacto lítico**

Un contacto lítico es un límite entre el suelo y un material subyacente que debe ser lo suficientemente coherente como para que sea prácticamente imposible escarbarlo

normalmente con una pala. Si se trata de un solo mineral debe tener una dureza mayor o igual a 3 en la escala Mohs.

### **Contacto paralítico**

El contacto paralítico es semejante al lítico, se diferencia de éste, porque si se trata de un solo mineral el material subyacente tiene una dureza menor a 3 en la escala Mohs; lo mismo ocurre con los trozos del tamaño de las gravas los cuales se dispersan cuando se agitan en agua o en una solución de hexametáfosfato de sodio durante 15 horas.

### **Plintita (Gr. plinthos, ladrillo)**

Es una mezcla de arcilla con cuarzo y otros diluyente, rica en hierro y pobre en humus.

Se presenta como moteos de color rojo oscuro, normalmente en diseños laminares, poligonales o reticulados.

La plintita cambia irreversiblemente a un pan endurecido férrico o agregados irregulares al exponerla repetidamente a humedecimiento y secado, en especial al calor del sol.

### **Contacto petroférico (Gr. petra, piedra. L. ferrum, hierro; piedra de hierro)**

Es el límite que separa el suelo superficial, de una capa continua de material endurecido, en el cual el hierro es el cementante principal y la materia orgánica está ausente o presente en pequeñas cantidades.

### **Durinodos (L. durus, duro; nudus, nudo)**

Son nódulos débilmente cementados o endurecidos. El cemento es el  $SO_2$ . Se destruyen con KOH, concentrado en caliente, después de un tratamiento con HCl para remover carbonatos, pero no se destruyen con HCl solamente. Los durinodos son firmes o muy firmes, no se destruyen en forma considerable en agua, pero una inmersión prolongada puede llegar a la desintegración.

### **Microrelieve de gilgai**

Es un micro relieve típico de suelos arcillosos, que tienen un alto coeficiente de expansión por modificaciones en el contenido de humedad. Este micro relieve es una sucesión de pequeñas cuencas encerradas y pequeñas lomas en áreas prácticamente planas o en pequeños camellones que se pueden observar en suelos arcillosos, estas deformaciones corrientemente son de pocos centímetros hasta un metro.

### **Superficies de fricción (slickensides)**

Los slickensides son planos pulidos y estriados que se producen debido a que una masa de suelo resbala contra otra. Algunas de ellas se presentan en la base de una superficie de deslizamiento, donde una masa de suelo se mueve hacia abajo en una pendiente relativamente fuerte. Las superficies de fricción son comunes en Vertisoles en los cuales hay cambios marcados en el contenido de humedad.

### **Tixotropía**

La tixotropía es una transformación reversible de sol a gel bajo esfuerzo isothermal de cizalla que sigue el reposo. Este término indica "cambiar por toque".

La tixotropía aparentemente es el resultado de un tipo de estructura que si no se destruye, se puede reconstruir por sí mismo.

En el campo la tixotropía se puede determinar, presionando una porción de suelo saturado entre el dedo pulgar y el índice, al comienzo resiste la deformación manteniendo cierta rigidez y/o elasticidad; bajo una presión creciente el suelo puede moldearse o deformarse y repentinamente cambia desde un sólido plástico a un líquido.

### **Cambio textural abrupto**

Es un cambio desde un epipedón ócrico o un horizonte álbico a un horizonte argílico. Si el contenido de arcilla en el epipedón ócrico o un horizonte álbico es  $< 20\%$ , el contenido de arcilla debe ser el doble en una distancia vertical menor a 7.5 cm. Si la arcilla es  $> 20\%$  el aumento de la arcilla debe ser, por lo menos, 20% de la fracción tierra fina y el contenido de arcilla en alguna parte del horizonte argílico debe ser, por

lo menos, el doble del contenido del horizonte superior.

## **2.7. REGÍMENES DE HUMEDAD Y TEMPERATURA**

### **2.7.1. REGÍMENES DE HUMEDAD**

Un aspecto importante para determinar el régimen de humedad de los suelos es la sección de control, la misma que de una manera general se puede establecer, entre 10 y 30 cm., si la clase de tamaño de partículas es franca fina, limosa gruesa, limosa fina o arcillosa.

Se encuentra entre 20 y 60 cm., si la clase de tamaño de partículas es franca gruesa y desde 30 a 90 cm., si la clase de tamaño de partículas es arenosa. La presencia de fragmentos gruesos profundiza estos límites debido a que tales fragmentos no retienen si liberan humedad.

#### **Régimen de humedad ácuico (L. agua, agua)**

Es muy característico en zonas donde existe gran presencia de agua y en los suelos se manifiestan síntomas de reducción del hierro, dando como resultado colores grises, azules y verdosos.

Para que los suelos sean clasificados en las categorías superiores como ácuicos, es necesario que el suelo éste saturado con agua y los colores indicativos se encuentren en los primeros 30 cm. Si la temperatura del suelo es menor a 1°C el régimen de humedad no se considera ácuico.

#### **Regímenes de humedad arídico y tórrico (L. aridus y L. torridus, caliente y seco)**

Se utilizan estos términos para el mismo régimen de humedad, pero en diferentes categorías de la taxonomía.

El régimen de humedad arídico se aplica para las zonas, medias y templadas; en cambio el régimen de humedad tórrico se designa en las zonas cálidas y secas (trópicos).

Estos regímenes presentan las siguientes características en su sección de control de humedad:

1. Esta seca en todas sus partes más de la mitad del tiempo acumulativo, en que la temperatura del suelo a una profundidad de 50 cm. es superior a 5°C.
2. Nunca está húmeda en alguna o en todas sus partes por un período de 90 días consecutivos cuando la temperatura del suelo a una profundidad de 50 cm. está sobre 8°C.

#### **Régimen de humedad údico (L. udus, húmedo)**

Este régimen de humedad, implica que los suelos en la mayoría de los años nunca permanecen secos por más de 90 días acumulativos en su sección control. Este régimen de humedad es común en los suelos de climas húmedos con lluvias bien distribuidas o con suficiente lluvia en el verano e invierno, como para que el agua almacenada sumada a la precipitación, sea aproximadamente igual o superior a la evapotranspiración.

#### **Régimen de humedad ústico (L. ustus, quemado, sequedad)**

Este régimen de humedad es intermedio entre el arídico y el údico.

En este régimen la sección de control de humedad está seca en alguna o en todas sus partes por más de 90 días acumulativos en la mayoría de los años; pero permanece húmeda en alguna parte por más de 180 días acumulativos o permanece continuamente húmeda en alguna de sus partes por lo menos durante 90 días consecutivos, siempre y cuando la temperatura del suelo sea mayor a 22°C.

#### **Régimen de humedad xérico (Gr. xeros, seco)**

El régimen de humedad xérico es característico de los climas mediterráneos, donde los inviernos son húmedos y fríos y los veranos cálidos y secos.

Se caracteriza por que la sección de control de humedad está seca en todas las partes por más de 45 días consecutivos o más, dentro los cuatro meses siguientes al solsticio de verano.

Además la temperatura media anual del suelo es inferior a 22°C y las temperaturas medias del suelo de verano y de invierno difieren en 5°C o más, a 50 cm. de

profundidad o a un contacto lítico o paralítico, lo que se encuentra más superficial.

### **2.7.2. REGÍMENES DE TEMPERATURA**

Es muy importante determinar los regímenes de temperatura de los suelos, porque es un criterio básico que toma en cuenta la taxonomía de suelos del USDA, así tenemos:

#### **Régimen de temperatura pergéllico (L. per a través del tiempo y el espacio y L. gelare, congelarse)**

Los suelos en este régimen presentan una temperatura media anual menor a 0°. Si los suelos son húmedos se presentara una capa permanente de hielo que se denomina permafrost.

#### **Régimen de temperatura criico (Gr. krios, suelos muy fríos)**

En este régimen de temperatura, los suelos presentan una temperatura medio anual comprendida entre mayor a 0°C y menor a 8°C.

Los suelos críicos; que tienen régimen de humedad ácuico corrientemente son disturbados por el congelamiento.

#### **Régimen de temperatura frígido**

Este régimen se usa principalmente para definir clases de suelos en las categorías inferiores.

En el régimen frígido la temperatura del suelo es más cálido en verano que en un régimen criico, pero su temperatura media anual menor a 8°C y la diferencia entre la temperatura media del suelo del verano y del invierno es mayor a 5°C a 50 cm. de profundidad, o a un contacto lítico o paralítico, lo que sea más superficial.

#### **Régimen de temperatura méxico**

La temperatura media anual del suelo es mayor o igual a 8°C, pero menor a 15°C y la diferencia entre la temperatura media del suelo del verano y del invierno es mayor a 5°C a 50 cm. de profundidad.

### **Régimen de temperatura térmico**

La temperatura media anual es mayor o igual a 15°C, pero menor a 22°C y la diferencia de temperatura entre la media de invierno y verano es mayor a 5°C, a una profundidad de 50 cm.

### **Régimen de temperatura hipertérmico**

Se tiene este régimen cuando la temperatura media anual es mayor o igual a 22°C y la diferencia entre la temperatura media del suelo de verano y de invierno es mayor a 5°C a 50 cm. de profundidad.

Cuando la diferencia de temperaturas medias anuales de invierno y verano es menor a 5°C (clima tropical para la taxonomía de suelos), se adiciona a los diferentes regímenes de temperatura a partir del frígido el prefijo ISO.

### **Isofrígido**

La temperatura media anual es  $< 8^{\circ}\text{C}$ .

### **Isoméxico**

La temperatura media anual es  $> 8^{\circ}\text{C}$ , pero  $< 15^{\circ}\text{C}$ .

### **Isotérmico**

La temperatura media anual es  $> 15^{\circ}\text{C}$ , pero  $< 22^{\circ}\text{C}$ .

### **Isohipertérmico**

La temperatura media anual del suelo es  $> 22^{\circ}\text{C}$ .

## **2.8. CATEGORÍAS DEL SISTEMA**

En esta taxonomía se considera una categoría a un conjunto de clases, definidas aproximadamente al mismo nivel de generalización o abstracción y que incluye a todos los suelos de su clase. En orden jerárquicamente decreciente y de aumento en el número de diferencias y clases, las categorías son seis:

- Orden
- Sub Orden
- Gran Grupo

- Sub Grupo
- Familia
- Serie

De manera general las propiedades o características diferenciadoras para cada una de las categorías son:

### **ORDEN**

Agrupamiento de los suelos, en función de procesos formadores evidenciados por la presencia o ausencia de los más importantes horizontes diagnósticos.

### **SUBORDEN**

Es una subdivisión de los órdenes en función de una cierta homogeneidad genética derivada de propiedades tales como la humedad, clima, vegetación, naturaleza de material parental y estado de descomposición de las fibras vegetales.

### **GRAN GRUPO**

Subdivisión de los subórdenes, en función de la clase y ordenamiento de los horizontes diagnósticos superiores, indicadores de un determinado grado de desarrollo, presencia o ausencia de otros determinados rasgos diagnósticos y/o clima edáfico.

### **SUBGRUPO**

Es un concepto central del taxón perteneciente al gran grupo y propiedades que indican intergradación a otros grandes grupos, sub órdenes y ordenes o extra gradaciones a "no suelo".

### **FAMILIA**

Se considera propiedades importantes para el crecimiento de las plantas que se relacionan en general, con amplias clases texturales, mineralogía y temperatura del suelo.





Por ejemplo:

Typic Fragiaqualf                      fina                      illita                      térmica  
(Nombre del subgrupo) (Tamaño de partículas) (Mineralogía) (Régimen temperatura)

### **NOMBRE DE LAS SERIES**

Los nombres de las series son abstractos y la mayoría corresponde a lugares geográficos, no teniendo significación para las personas que no conocen: por ejemplo Serie Campanario.

### **2.8.2. FACTORES Y PROCESOS FORMADORES**

La roca madre es la roca sólida de la cual se deriva el material parental suelto y meteorizado, en este material parental se desarrolla un perfil de suelo por la acción de un cierto número de procesos; se puede establecer qué clase de proceso juega un papel importante y en qué grado los llamados procesos de formación del suelo. Estos procesos afectados por los factores formadores del suelo como son clima, material parental, relieve, organismos y el tiempo; estos factores en la formación del suelo nunca actúan aislados, sino que siempre en combinación de dos o más.

#### **Clima**

El clima puede ser considerado el factor determinante para el tipo de vegetación que se produce en un área.

Analizando el balance hídrico, se tiene un régimen de humedad ústico, que nos demuestra que existe deficiencia de humedad en gran parte del año, lo que ocasiona que la vegetación esté presente sólo en la época de lluvias.

#### **Material parental**

El material mineral inconsolidado y más o menos químicamente alterado, se encuentra en la superficie o debajo del suelo (y capas adyacentes) a partir de los cuales se forma el suelo.

## **Relieve**

El relieve ejerce una marcada influencia en la forma, evolución y característica de los suelos, así el relieve plano a casi plano (0-2% de pendiente).

## **Organismos**

Este factor involucra la acción que ejerce la vegetación, la cual en mayor grado es una vegetación de estepa a base de pastizales, tholares y otras especies xerofíticas, que constituyen el pastoreo extensivo de la zona. La vegetación natural es la más importante por la íntima relación que tiene el clima y el suelo, resulta un tanto difícil deslindar su acción como factor independiente.

## **Tiempo**

En la formación del suelo, el tiempo es un factor muy relativo, el desarrollo de un suelo de roca dura puede tomar miles de años, mientras que el desarrollo de un suelo de material permeable, puede ser relativamente rápido.

## **Procesos de Formación**

También la formación del suelo puede ir a la par con el cambio del clima, por otra parte los cambios en las condiciones ambientales pueden ser muy marcadas originando procesos específicos como:

### **a) Meteorización**

Es el proceso de desintegración y descomposición de las rocas y minerales bajo la influencia de las condiciones atmosféricas. Transforma la roca original, la roca madre, en el material de partida para la formación del suelo.

### **b) Calcificación**

La calcificación es un proceso de formación del suelo, donde ocurre una acumulación de carbonatos de calcio en los diferentes horizontes del suelo.

### **c) Salinización**

El proceso de salinización se refiere a la acumulación de sulfatos y cloruros de sodio,

calcio, magnesio y potasio en los horizontes del suelo; en general se utiliza este término para indicar la acumulación en el suelo de sales solubles.

**d) Eluviación**

Es la remoción del material del suelo en suspensión (o en solución) de una capa o capas de suelo.

**e) Iluviación**

Proceso de depósito de materiales de suelo removidos de un horizonte hacia otro; usualmente de un horizonte superior a un inferior.

## CAPÍTULO 3

### 3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

El área de estudio se ubica en el cantón de Iscayachi, distante a 53 km. de la ciudad de Tarija, entre las coordenadas geográficas: 21°22'30'' y 21°31'52'' de Latitud Sud y 64°55'42'' y 64°59'46'' de Longitud Oeste, con una altura promedio de 3420 msnm.

De acuerdo al SENAMHI, la zona presenta una temperatura media anual de 10 °C y una precipitación media anual de 359,1mm. Limitando al Norte: con el cantón Tomayapo y Paicho. Al Sur: con la segunda sección de la provincia Avilés (municipio de Yunchará). Al Oeste: con el cantón Curqui. Al Este: con la provincia Cercado y primera sección de la provincia Méndez; ocupando el 32% del territorio de la jurisdicción municipal, la población cuenta con servicios de: transporte, salud, educación, agua potable, energía eléctrica, telefonía móvil, etc.

#### 3.1. TOPOGRAFÍA, FISIOGRAFÍA Y GEOLOGÍA

En primer lugar se hace un análisis general de estos aspectos de la provincia Méndez ya que en área de estudio es parte de ella.

El área está comprendida, por dos partes semi-planas, margen derecha de la cuenca del río San Juan del Oro y ambas bandas de las cuencas del Tomayapo y Paicho, pie de montañas y otra alta formada por serias elevaciones.

Topografía irregular, variada y diversidad de accidentes geográficos por la presencia de su parte occidental, que conforma la quinta sección de la cordillera real, orientada de norte a sur; formando variadas elevaciones importantes entre las que se menciona: Sama, Chismuri, el Cerro Negro de Chiquiro, Campanario, San Roque, etc., con alturas promedio de 4.000 m.s.n.m., paralela a ésta y por la parte oriental, se extiende la meseta altiplánica, con una altura promedio de 3.400 m.s.n.m.; presentando declinaciones hacia el sur, a lo largo de su longitud Oeste. Al norte se encuentra los valles del Río San Juan del Oro, Paicho y Tomayapo.

El conglomerado montañoso, conjuntamente con la parte altiplánica, pertenecen en su totalidad al paleozoico inferior medio. Mientras que las zonas comprendidas por las depresiones originadas por el río San Juan y parte de los sectores Paicho-Tomayapo, se observan rocas pertenecientes al mesozoico, con horizontes estratégicos calcáreos.

La Segunda Sección de la provincia Méndez, presenta paisajes geomorfológicos contrastantes: el primero conformado por las altiplanicies de Iscayachi, con un relieve casi semi-plano formado por sedimentos aluviales y fluviolacustres del cuaternario, geológicamente corresponden al paleozoico inferior; otro paisaje geomorfológico comprende a las laderas de la cordillera de Sama, Serranía de Cardonales, de San Roque, etc.

Geológicamente corresponde al Ordovícico (areniscas, limonitas e lutitas); y el tercer paisaje geológicamente pertenece a valles aluviales y coluvio-aluviales del cuaternario; río San Juan del Oro, Paicho y Tomayapo.

La fisiografía específica del área de estudio, muestra en su conjunto una unidad fisiográfica, con sus divisiones en su interior y se refiere a una amplia llanura aluvial con relieve ligeramente ondulado, con la pendiente dirigida hacia el río Tomayapo.

Para su mejor comprensión, es necesario indicar que el área de estudio es parte de la región altiplánica del departamento de Tarija, la misma que se extiende a lo largo del río Tomayapo, en la que se forman dos grandes paisajes un complejo de serranías y una llanura Aluvial del río Tomayapo.

- Complejo de serranías

Esta región fisiográfica cubre la mayor parte del área de estudio y corresponde al 72.80 %.

Mediante fotointerpretación y trabajo de campo se identificaron tres paisajes: las Serranías propiamente dichas que no tienen ningún valor agrícola, el Pie de Monte y los Abanicos Aluviales, con suelos muy superficiales donde se realiza agricultura muy limitada con muy bajos rendimientos.

- Llanuras aluviales

Estas áreas están ubicadas en forma inmediata al río Tomayapo; formando terrazas aluviales de dos niveles (altas y bajas). En esta unidad fisiográfica también se encuentran las planicies fluvio-lacustres con escaso valor agrícola.

### **3.2. VEGETACIÓN**

La vegetación natural se encuentra en la actualidad muy intervenida en una zona próxima a las parcelas de cultivo y afectada en menor intensidad en las serranías circundantes. Debido a la influencia del hombre con sus actividades agrícolas, la vegetación original fue sustituida parcialmente en áreas cercanas a viviendas y rancheríos por formaciones secundarias de matorral y suelo desnudo.

### **3.3. FAUNA**

La fauna de la región ha sido afectada por la intervención humana, de manera que en el área de influencia del proyecto las poblaciones de especies animales nativas, especialmente anfibios, reptiles, aves y mamíferos, están disminuidas.

Respecto a esta temática, Morales (1991) señala: Esta región, intervenida por el hombre, muestra aspectos de transición entre la fauna andina por un lado, y la fauna chaqueña por otro, siendo predominante la influencia de la fauna andina. Entre los mamíferos se encuentran la vicuña, liebre, vizcacha, zorro, etc. Los anfibios se encuentran representados por varios géneros y los reptiles por la culebra o víbora común.

### **3.4. USO DE LA TIERRA**

En las comunidades del área de estudio, el uso actual de la tierra es agrícola. Los cultivos principales son: Papa, haba, ajo, arveja, cebada y manzanilla en el cantón Iscayachi.

Los productores de la zona en su mayoría casi no crían animales mayores, tienen en su generalidad un promedio 10 a 15 ovejas por familia. (J. Querejazu L., 2004, Diseño final presa El Molino).

### **3.5. PRODUCCIÓN ACTUAL**

La producción agrícola de la zona en general se concentra en cultivos anuales, siendo los principales cultivos: Papa, haba, ajo, arveja, cebada, manzanilla, cebolla y forrajes (cebada y avena) en la zona de Iscayachi.

De estos cultivos la papa, haba y cebolla, se constituyen en la base de la alimentación familiar, con bajos excedentes para el mercado.

### **3.6. CLIMA**

De acuerdo a la clasificación de las zonas de vida de Holldrige, corresponde a un matorral desértico montano templado.

Con la finalidad de interpretar sus características, se utilizó la información meteorológica registrada en la “Estación Meteorológica Campanario” del (SENAMHI), por encontrarse dentro del área de estudio.

La precipitación media anual registrada alcanza a 359,1mm., con una época seca de marzo a octubre y una época relativamente lluviosa de noviembre a febrero, con una distribución marcadamente irregular.

La temperatura media anual es de 10°C, siendo el periodo más frío entre los meses de mayo a agosto; siendo la temperatura máxima extrema de 29°C y la mínima extrema de -15.5°C. Teniendo un promedio de total de días con frío de 113. Y una humedad relativa anual de 54%.

#### **3.6.1. BALANCE HÍDRICO**

El balance hídrico (ver cuadro N° 2 y gráfica N° 1), calculado por el método de TORNTHWAITTE y por la evaporación afectada por un coeficiente de 0.80, afirma el análisis climático realizado con anterioridad, además se infiere que existe un déficit de humedad de mayo a septiembre, sin presentarse exceso de humedad en ningún mes del año.

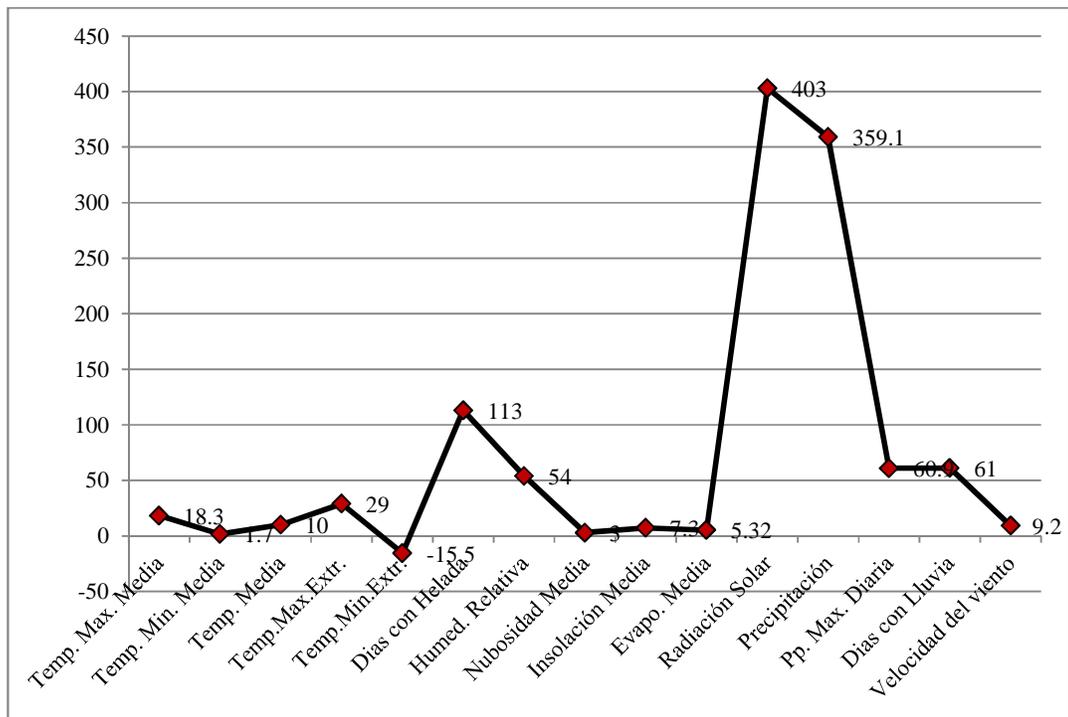
## CUADRO N° 2

														
<b>RESUMEN CLIMATOLOGICO</b>														
Período Considerado: 1990 - 2010														
Estación: CAMPANARIO										Latitud S.:		21° 30' 45"		
Provincia: MENDEZ										Longitud W.:		64° 58' 32"		
Departamento: TARIJA										Altura:		3.460 m.s.n.m.		
Indice	Unidad	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
Temp. Max. Media	°C	17.5	17.8	18.0	19.7	18.2	17.4	16.6	18.0	19.0	19.8	19.2	18.7	18.3
Temp. Min. Media	°C	4.7	4.2	3.9	1.7	-1.1	-1.8	-1.8	-0.6	0.6	3.0	3.5	4.3	1.7
Temp. Media	°C	11.1	11.0	10.9	10.7	8.6	7.8	7.4	8.7	9.8	11.4	11.4	11.5	10.0
Temp. Max. Extr.	°C	24.5	24.0	25.0	26.0	26.2	27.5	22.5	23.5	25.5	29.0	27.0	26.5	29.0
Temp. Min. Extr.	°C	-3.0	-2.5	-2.5	-5.5	-10.5	-15.0	-15.5	-10.0	-12.0	-6.0	-6.5	-4.0	-15.5
Días con Helada		1	1	2	8	20	22	23	19	12	4	2	1	113
Humed. Relativa	%	62	62	62	59	52	45	45	48	50	53	55	57	54
Nubosidad Media	Octas	5	4	4	2	1	1	1	1	2	3	4	4	3
Insolación Media	Hrs	5.8	6.0	6.3	7.6	7.9	7.9	7.7	8.5	8.1	7.6	7.7	6.6	7.3
Evapo. Media	mm/día	4.69	4.50	4.25	4.71	5.21	5.35	5.41	5.90	6.12	6.10	6.07	5.57	5.32
Radiación Solar	cal/cm2/día	337.1	349.2	365.0	426.5	440.9	429.5	420.5	445.3	425.4	413.4	398.3	385.2	403.0
Precipitación	mm	94.4	79.5	55.9	12.6	1.5	0.4	0.0	1.6	5.2	17.7	20.4	69.8	359.1
Pp. Max. Diaria	mm	34.1	60.9	27.4	26.0	11.1	8.5	0.2	8.4	19.0	37.7	23.2	35.2	60.9
Días con Lluvia		16	11	10	3	0	0	0	1	1	3	5	11	61
Velocidad del viento	km/hr	6.3	6.4	6.7	8.1	10.4	12.8	13.2	11.6	10.6	8.5	8.2	7.2	9.2
Dirección del viento		NE	NE	NE	N	SW	SW	SW	SW	N	N	NE	N	NE

Fuente: SENAMHI, 2011.

## GRÁFICA N° 1

### REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE DATOS CLIMÁTICOS 2011



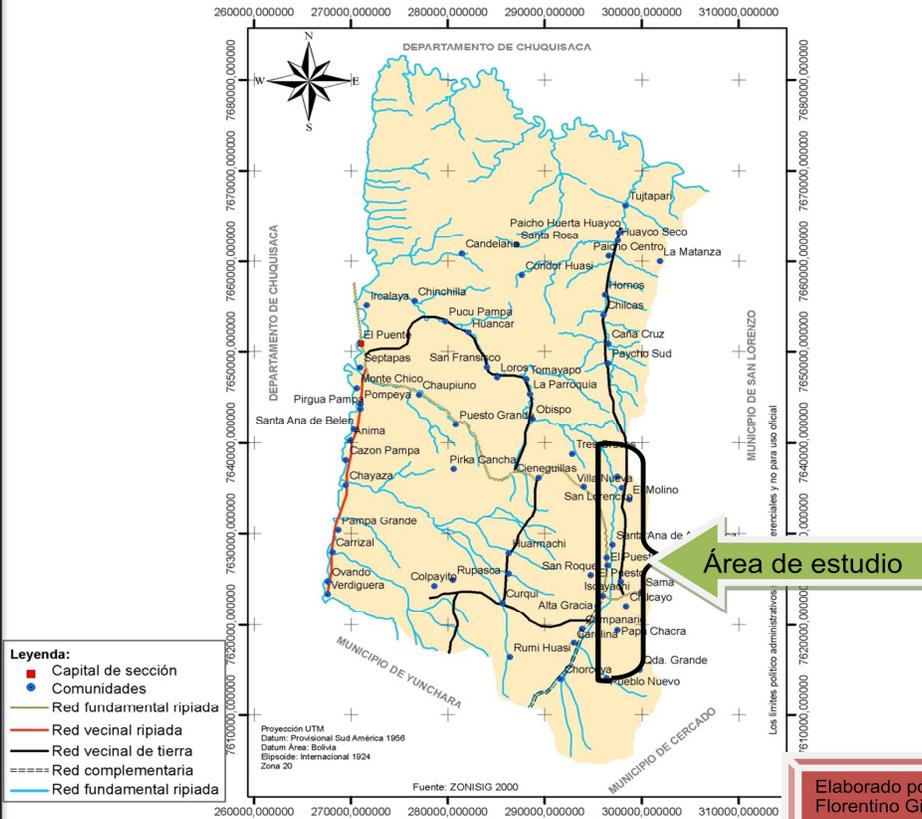
FUENTE: Elaboración propia, en base a datos del SENAMHI, 2011.

### 3.7. VEGETACIÓN NATURAL

La vegetación natural existente es de tipo xerofítica con árboles de pequeña altura, arbustos y pastos naturales, entre los que encontramos las siguientes.

Thola	Paratrephia lepidophila
Kanlla	Tetraglochin cristatum
Churquisitos	Adesmia spinosissima
Paja brava	Festuca ortoppophylla
Paja blanca	Festuca sarpifolia
Paja amarilla	Stipa icchu
Garbancillo	Astragalus garbancillo

## UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO



Elaborado por:  
Florentino Girón

## CAPÍTULO 4

### 4. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 4.1. MATERIALES

Los materiales e instrumentos a ser utilizados en el trabajo están sustentados por las definiciones operacionales, la hipótesis y los objetivos generales y específicos; y los mismos son los siguientes:

- Ácido clorhídrico 0,1 N
- Barrenos
- Bolsas de polietileno
- Carta topográfica escala 1:50.000
- Cilindros para muestras inalteradas
- Cinta métrica
- Cuchillo de pedólogo
- Eclímetro
- Estereoscopio de espejos
- Formularios de descripción de barrenadas
- Formularios de descripción de mini - calicatas (profundidad 50 cm.)
- Formularios de descripción de perfiles modales
- Formularios para descripción de infiltración
- Fotografías aéreas
- Imágenes satelitales
- Juego de anillos para determinación de infiltración
- Manual guía de campo
- Palas y picotas
- Tabla de descripción de color del suelo “ Munsell Soil Color Charts”
- Una foto mosaico semicontrolado servirá de mapa base para el trabajo de campo.

## 4.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

El sistema de clasificación utilizando en el presente trabajo está de acuerdo al “Soil Taxonomy” (1975), donde las principales divisiones están basadas en la presencia o ausencia de horizontes diagnósticos.

En el estudio realizado, que tiene carácter de semidetalle, se describió las siguientes unidades taxonómicas y cartográficas:

- Orden, agrupamiento de los suelos en función de procesos formadores evidenciados por la presencia o ausencia de los más importantes horizontes diagnósticos.
- Suborden, subdivisión de órdenes en función de una cierta homogeneidad genética derivada de propiedades tales como la humedad, clima, vegetación, naturaleza del material parental y estado de descomposición de las fibras vegetales.
- Gran grupo, subdivisión de los subórdenes en función de la clase ordenamiento de los horizontes diagnósticos superiores indicadores de un determinado grado de desarrollo, presencia o ausencia de otros determinados rasgos diagnósticos y/o clima edáfico.
- Subgrupo, concepto central del taxón perteneciente al gran grupo y propiedades que indican integración a otros grandes grupos, subórdenes y órdenes o extra gradaciones a “no suelos”.
- Familia, se consideran propiedades importantes para el crecimiento de las plantas que se relacionan en general, con amplias clases texturales, mineralógicas y temperatura de suelo.
- Serie, diferencias menores en textura, mineralogía, espesor, etc. que las usadas para el nivel de familia.

#### 4.2.1. NORMAS PARA LA INTERPRETACIÓN DE LOS ANALISIS

Los análisis químicos fueron interpretados de acuerdo a las normas establecidas por el laboratorio del Centro de Investigaciones de Agricultura Tropical (CIAT) - Santa Cruz.

##### SALINIDAD

C. E. en mmhos./cm.	Clasificación
4 o menos	No salino
4.1 – 8.0	Ligeramente salino
8.1 – 15.0	Moderadamente salino
15.1 - 30.0	Salino
30.1 o más	Extremadamente salino

##### pH o REACCIÓN DEL SUELO

valor del pH	Clasificación
8.1 o más	Fuertemente alcalino
7.6 – 8.0	Moderadamente alcalino
7.1 – 7.5	Suavemente alcalino
6.6 – 7.0	Neutro
6.0 – 6.5	Suavemente ácido
5.3 – 5.9	Moderadamente ácido
4.5 – 5.2	Fuertemente ácido
4.4 o menos	Muy fuertemente ácido

##### MATERIA ORGÁNICA

% de materia orgánica	Clasificación
Más de 21	Muy alto
20.0 – 10.0	Alto
9.0 – 4.7	Moderadamente alto
4.6 – 4.5	Moderado
2.5 – 2.4	Bajo
Menos de 1	Muy bajo

## ALCALINIDAD

% de sodio intercambiable	Clasificación
Menos de 15	No alcalino
16 - 20	Ligeramente alcalino
21 - 40	Moderadamente alcalino
41 - 60	Suavemente alcalino
Más de 60	Extremadamente alcalino

## TÉRMINOS GENERALES DE CLASE TEXTURALES

<b>SUELOS ARENOSOS:</b> Suelos de texturas gruesas	Arenosos Areno francosos
Suelos de textura moderada	Franco arenosos
<b>SUELOS FRANCOS:</b> Suelos de textura media	Franco Franco limoso Limoso
Suelos de textura moderadamente fina	Franco arcilloso Franco arcillo arenosos Franco arcillo limoso
<b>SUELOS ARCILLOSOS:</b> Suelos de textura fina	Arcillo arenosos Arcillo limosos Arcillosos

Fuente: USDA

### a) Carbón orgánico:

Bajo	< de 1,0 %
Moderado	1,0 - 3,0 %
Alto	> de 3,0 %

Para la interpretación de los demás análisis referirse al cuadro N° 3

### b) Infiltración:

La determinación de la infiltración del suelo en el campo, se realizó por el método del infiltrómetro de doble cilindro (Musgrave, G. W. 1935). La calificación de las familias de infiltración se realizó de acuerdo a la siguiente escala:

FAMILIAS	INFILTRACIÓN BÁSICA (cm./hora)	GRADO DE PERMEABILIDAD AL AGUA
1,0	1,7 o menos	Muy baja
2,5	1,8 a 3,7	Baja
5,0	3,8 a 7,4	Medio
10,0	7,5 a 14,8	Alta
20,0	14,9 o mas	Muy alta

Fuente: Manual de Conservación de Suelos Agrícolas (Ing. Ms. Arturo Gallegos de Tejo).

### CUADRO N° 3

#### NORMAS PARA LA INTERPRETACIÓN DE LOS ANÁLISIS QUÍMICOS

Características de Identificación	Muy Bajo	Bajo	Moderado	Adecuado	Alto	Muy Alto
Nitrógeno total (Kjedhal) %	< 0.10	0.10-0.20	0.21-0.50	-	0.51-1.00	> 1.10
Fosforo aprovechable (Olsen) ppm.	< 3	3 - 6	7 - 15	-	16 - 25	> 26
Capacidad de intercambio catiónico (meq./100 g. suelo)	< 6	6 - 12	13 - 25	-	26 - 40	> 40
Saturación de bases (%)	< 20	20 - 40	41 - 60	-	61 - 80	81-100
Ca <sup>++</sup> intercambiable (meq./100 g. suelo)	< 1	1 - 3	4 - 10	-	11 - 20	> 20
Mg <sup>++</sup> intercambiable (meq./100 g. suelo)	< 0.5	0.5 - 1	1.1 - 3	-	3.1 - 8	> 8.1
K <sup>+</sup> intercambiable (meq./100 g. suelo)	< 0.10	0.11-0.20	0.21-0.40	0.41-0.70	0.71-1.21	> 1.21
Na <sup>++</sup> intercambiable (meq./100 g. suelo)	< 0.05	0.05-0.20	0.12-0.70	-	0.71-2.00	> 2.01

Fuente: Centro de Investigaciones de Agricultura Tropical (CIAT) - Santa Cruz.

## **CAPÍTULO 5**

### **5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

De acuerdo a las investigaciones realizadas en el campo y gabinete se puede concluir indicando lo siguiente:

#### **5.1. GÉNESIS Y CLASIFICACIÓN DE TIERRAS**

Según el sistema taxonómico americano el suelo se define como la colección de cuerpos naturales ubicados sobre la superficie de la tierra, conteniendo organismos y soportando o siendo capaz de permitir el desarrollo vegetal en su medio normal, (Soil Survey Staff 1975).

Las características del suelo mismo es el producto resultante de la meteorización de los materiales orgánicos de la superficie terrestre. De aquí que los suelos que se forman en un determinado paisaje o superficie, son reflejo del efecto combinado o individual del clima (precipitación y temperatura), de la vegetación, organismos del medio, el relieve y el tiempo durante el cual todos estos factores actúan sobre los materiales parentales (roca madre) que cubren la superficie terrestre.

El clima y los organismos son considerados factores activos de la génesis de los suelos. Su acción sobre el material parental acumulado, lo transforman paulatinamente en un suelo que presenta horizontes cada vez más diferenciados. La composición del material parental, también afecta la clase del perfil que puede llegar a formarse, en casos extremos domina completamente la naturaleza del suelo formado. Finalmente se necesita tiempo para transformar el material parental en un suelo; generalmente se requiere un tiempo muy largo para que se desarrollen completamente los horizontes de un suelo.

Como resultado de las reacciones, por la interacción de los cinco factores formadores del suelo (material parental, clima, organismos, relieve y tiempo), se producen procesos que son múltiples y han sido clasificados por sus efectos sobre los componentes del suelo en: procesos que implican adiciones, las que indican

translocaciones y transformaciones y los que ocasionan pérdidas. Además que estos procesos formadores se encargan de producir la diferenciación de horizontes y determinar el grado de evolución de los suelos.

En los suelos del altiplano de Iscayachi, el material parental, el relieve y el clima presentan los factores formadores que mayor incidencia han tenido en la evolución de los suelos; en efecto los sedimentos aluviales se depositaron en un relieve relativamente plano a lo largo del río Tomayapo formando suelos profundos en terrazas de diferente nivel (las más importantes del área de estudio), donde es posible encontrar las diferentes deposiciones. De los organismos y el tiempo es menos notable su acción en la evolución de estos suelos; sin embargo tienen gran importancia como factores formadores en la acumulación de materia orgánica en el horizonte A y particularmente en el desarrollo pedogenético del suelo mismo, es decir presencia de horizontes diagnósticos sub superficiales, que indican el grado de madurez de un suelo y los ubican en un orden determinado (Soil Taxonomy 1975).

Por los criterios vertidos, podemos afirmar que estos suelos han sido desarrollados a partir de un material parental constituido por sedimentos aluviales depositados en el cuaternario en el caso de las terrazas, mezclado en algunos casos por sedimentos del terciario desprendidos de las serranías por acción de la erosión hídrica principalmente, los que sufrieron algún tipo de intemperismo antes de su deposición.

La acción del río Tomayapo ha tenido marcada influencia en el traslado y deposición de los sedimentos, encontrándose algún tipo de selección granulométrica; en las formas más recientes se encuentran depositadas arenas y sedimentos finos en los diferentes niveles de terrazas.

Por otro lado en el gran paisaje de las serranías donde se encuentran los pies de monte y los abanicos aluviales han formado suelos muy superficiales con abundante pedregosidad tanto en superficie como a través del mismo perfil, son productos de la deposición exclusiva del terciario lo cual además dan como resultado suelos extremadamente pobres en nutrientes.

El clima bajo el cual se han formado estos suelos se caracteriza por una precipitación de 359,1 mm. distribuida entre noviembre a febrero; el volumen de la escasa lluvia cae o es retenida por las partículas del suelo o asciende nuevamente por efectos de la evapotranspiración, no alcanzando a producir una lixiviación significativa ni de los iones solubles ni de los productos de la meteorización.

La temperatura media anual de 10,0°C y con extremas mínimas de hasta -15,5°C también en la descomposición de la materia orgánica precedente también de la escasa vegetación natural de la zona.

En cuanto a los procesos específicos más importantes que han actuado en la formación de estos suelos, podemos indicar los aportes periódicos de sedimentos ocasionados por el desborde del río Tomayapo encontrándose en algunos perfiles, horizontes de estructura variada en las que se notan fluctuaciones irregulares en la materia orgánica, características que reflejan el origen aluvial del material depositado. Sin embargo, en las terrazas los sedimentos depositados ya han alcanzado cierto grado de desarrollo pedogenético indicado por un decrecimiento regular de la materia orgánica con la profundidad y la presencia de horizontes diagnósticos sub superficiales con contenidos mayores de arcilla que el horizonte superficial, producto de la migración de los minerales de arcilla de las capas superficiales hacia las más profundas pero sin llegar a formar horizontes argílicos endurecidos que limitan la penetración de las raíces.

## **5.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA**

Los suelos del área estudiada, se clasifican bajos las normas que da el Sistema Taxonómico Americano “Soil Taxonomy”, utilizando cinco niveles de abstracción: Orden, Suborden, Gran grupo, Subgrupo y Familia.

Los suelos de las series: San Roque, El Cruce, Agua Rica y Chilcayo, son los menos desarrollados, estos suelos debido a su poca evolución y por encontrarse en pendientes considerables donde la erosión no ha permitido el desarrollo pedogenético, consecuentemente son suelos muy superficiales donde sólo se encuentra un epipedón

ócrico que es identificado por el color claro y el bajo contenido de materia orgánica, por tales características quedan clasificados en el orden de los Entisoles.

A nivel de suborden son incluidos dentro de los Orthents, Entisoles sin evidencia de horizontes diagnósticos sub superficiales.

A nivel de gran grupo, estos Entisoles están representados por los Ustorthents, haciendo referencia a suelos desarrollados en un régimen de humedad ústico; es decir que todo el perfil o alguna parte de él, permanecen secos por más de 90 días acumulados dentro del año.

A nivel de subgrupo se incluyen en los líticos haciendo relación a la presencia de material parental antes de los 50 cm. de profundidad.

Para clasificar a nivel de familia se tomó en cuenta la clase textural y el régimen de temperatura del suelo, quedando clasificadas estas series como: Franco arcillo arenosa. Mésica de los Lithic Ustorthents.

Los suelos de las series: La Capilla, Papachacra, Campanario, El Pozo, San Antonio y Pueblo Nuevo, han sido clasificados en el orden de los Inceptisoles por la presencia de un epipedón ócrico y un horizonte cámbico. El primero, identificado por su color claro como en la clasificación anterior y el segundo por medio de las pruebas analíticas de laboratorio. Estos suelos tienen una capacidad de cambio calculada para la arcilla superior a 16 meq./100 gr. de arcilla en la sección control del suelo (de 25 – 100 cm. de profundidad).

Este Inceptisol ha sido clasificado a nivel de suborden en Ochrepts por la presencia de un epipedón de color claro (ócrico).

A nivel de gran grupo se clasifico como Ustochrepts, tomando en cuenta el régimen de humedad del suelo ya discutido en la anterior Serie.

A nivel de subgrupo se incluyen en los típicos, haciendo relación al concepto central del gran grupo.

En la clasificación a nivel de familia se tuvo en cuenta los mismos criterios utilizados al clasificar los suelos anteriores, quedan clasificadas éstas como: Familia franco arcillo arenosa. Mésica de los Typic Ustochrepts.

Los suelos de la Serie Ajeros, tienen las mismas características de las anteriores series, en cuanto se refiere al orden, suborden y gran grupo. La diferencia consiste en que estos suelos a nivel de subgrupo están incluidos entre los fluvénticos debido a que la distribución del carbón orgánico, se distribuye a través del perfil en forma irregular. Consecuentemente la clasificación de estos suelos es como sigue: Familia franco arcillo arenosa. Mésica de las Fluventic Ustochrepts.

La serie Cementerio a nivel de orden está clasificado dentro de los Aridisoles debido a que están ubicados en regímenes de humedad arídicos.

A nivel de suborden son incluidos en los Orthids que son Aridisoles comunes en presencia de horizonte argílico.

La presencia de un horizonte con altos contenidos de carbonatos de calcio, lo ubica entre los Calciorthids.

Por sus características relacionadas con el concepto central del gran grupo son incluidos en los suelos típicos.

La clasificación final de estos suelos es: Familia franco arcillo arenoso. Mésica de los Typic Calciorthids.

Los suelos de la serie Tomayapo, que son los de menor importancia, por estar ubicadas en las orillas del río son clasificadas como: Familia arenosa. Mésica de los Lithic Psamments; que son superficiales (contacto lítico antes de los 50 cm. de profundidad) y de características arenosas. (ver cuadro N° 4).

**CUADRO N° 4**  
**CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA**

GRUPO Y SERIE	UNIDAD TAXONÓMICA	CARACTERÍSTICAS
<p>Poco desarrollo pedogenético con contacto lítico antes de los 50 cm.</p> <p>Tomayapo San Roque El Cruce Agua Rica Chilcayo</p>	<p>Lithic Psamments Lithic Ustorthents Lithic Ustorthents Lithic Ustorthents Lithic Ustorthents</p>	<p>Entisoles con epipedón ócrico, muy superficiales (piedra o material madre antes de 50 cm. de profundidad).</p>
<p>Suelos moderadamente profundos a profundos con desarrollo pedogenético deficiente con epipedón ócrico y horizonte cámbico.</p> <p>La Capilla Papachacra Campanario El Pozo San Antonio Pueblo Nuevo</p>	<p>Typic Ustochrepts Typic Ustochrepts Typic Ustochrepts Typic Ustochrepts Typic Ustochrepts Typic Ustochrepts</p>	<p>Inceptisoles con un horizonte ócrico y cámbico el carbón orgánico decrece regularmente su utilización es intensa.</p>
<p>Buen desarrollo pedogenético.</p> <p>Ajeros</p>	<p>Fluventic Ustochrepts</p>	<p>Inceptisoles con contenido de carbón orgánico que decrece irregularmente.</p>
<p>Desarrollo pedogenético deficiente.</p> <p>Cementerio</p>	<p>Typic Calciorthids</p>	<p>Aridisoles con mal drenaje y horizonte cálcico, pastizales.</p>

Fuente: Elaboración propia.

### 5.2.1. DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES DE SUELOS

El área de estudio, se caracteriza por presentar suelos formados a partir de sedimentos aluviales depositados durante el cuaternario, los que dan origen a la formación de una gran variedad de suelos que van desde los muy superficiales hasta los profundos donde no existe limitaciones físicas para el normal desarrollo de las raíces.

De acuerdo a su posición fisiográfica se han definido dos grandes paisajes. Complejo de Serranías y la Llanura Aluvial del río Tomayapo, que dan origen a otras unidades como ser el paisaje, sub paisaje y los elementos del paisaje, que están dadas en la leyenda del mapa de suelos; a continuación se darán las características morfológicas, físicas, químicas, como también el grado de fertilidad de ellos.

Para cada caso se discutirá las principales características y propiedades de los suelos en base a la información analítica tanto de campo como en laboratorio.

Realizando una evaluación de las unidades de suelos que se definen como el conjunto de suelos que perteneciendo a una o varias series, presenta características más o menos homogéneas en su origen, edad de posición de materiales, color, etc.

En base a este análisis y con la finalidad de una mejor comprensión de este capítulo se dará mayor énfasis a los suelos con mayor potencial agrícola de la zona.

La descripción de las unidades por lo tanto implicará un ordenamiento de las series de acuerdo a su clasificación taxonómica, éste será el siguiente:

Serie: Tomayapo	Lithic Psamments
Serie: San Roque	Lithic Ustorhents
El Cruce	
Agua Rica	
Chilcayo	
Serie: La Capilla	Typic Ustochrepts
Papachacra	

Serie: Campanario            Typic Ustochrepts

El Pozo

San Antonio

Pueblo Nuevo

Serie: Ajeros                Fluventic Ustochrepts

Serie: Cementerio        Typic Calciorthis

#### **5.2.1.1. SERIE TOMAYAPO**

No tienen análisis de suelos por tratarse de una unidad que se encuentra inmediatamente después del río; por ser muy arenosos y superficiales.

En el mapa de suelos están identificados con el símbolo T 2.3.1. y tienen una superficie de 167,90 hectáreas.

#### **5.2.1.2. SERIE: SAN ROQUE, EL CRUCE, AGUA RICA, CHILCAYO**

##### **UBICACIÓN SUPERFICIE Y USO ACTUAL**

Los suelos que pertenecen a estas series se ubican especialmente a continuación de las serranías, las que conforman al ápice y cuerpos de los pies de montes y los abanicos aluviales, corresponden a los símbolos siguientes en el mapa de suelos (ver anexo VI):

San Roque                S 2.1.1.

El Cruce                 S 2.2.1.

Agua Rica                S 3.1.1.

Chilcayo                 S 3.2.1.

La superficie total que ocupan estas series es de 4.763,50 hectáreas que representan el 72,36% del total estudiado. Al momento del estudio en su mayoría están ocupados por pastizales naturales y otros han sido cultivo de haba y ajo. Fisiográficamente ubicadas en los pie de montes y abanicos aluviales.

## **CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS**

Son suelos que en su mayoría están en un relieve ondulado (2-8%) y algunos tienen el relieve plano (0-2%), superficiales a muy superficiales, bien drenados, generalmente presentan un solo horizonte Ap, presentan poco desarrollo pedogenético.

Los perfiles representativos son los N°: 15, 19, 30, 33, 40.

## **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**

La textura dominante es franco arcilloso arenosa, estructura en bloques subangulares con un grado de desarrollo débil de tamaño fino y medio; la consistencia en un mojado es no adherente no plástico, suelto en húmedo, suelto en seco, el porcentaje de porosidad es poca de tamaños finos y muy finos.

No existen carbonatos libres de calcio, de acuerdo a pruebas con ácido clorhídrico al 5 N. realizadas en el campo.

La densidad aparente es baja en la mayoría de los perfiles 1.40 gr./cm<sup>3</sup>, la capacidad de retención de humedad es buena 1.66 cm./dm., la permeabilidad es moderada y la infiltración básica baja (ver cuadro N° 5).

## **CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

El pH es neutro, de acuerdo a su conductividad eléctrica son suelos normales. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es baja, el total de bases intercambiables (TBI) moderado; el porcentaje de saturación de bases (% SB) muy alto, lo que indica la débil lixiviación de estos suelos.

Los contenidos de calcio (Ca<sup>++</sup>) y magnesio (Mg<sup>++</sup>) intercambiables son moderados, el sodio (Na<sup>++</sup>) intercambiable es alto y el potasio (K<sup>+</sup>) bajo.

El contenido de materia orgánica (% MO) el nitrógeno total (NT) y el fósforo (P) asimilable es bajo, (ver cuadro N° 6).

## FERTILIDAD

El nivel de fertilidad de estos suelos es moderado en calcio y magnesio, en cambio los contenidos de potasio, fósforo son bajos y el nitrógeno total muy bajo.

De este análisis se puede indicar que estos suelos tienen baja fertilidad, por lo que será necesario añadir fertilizantes completos antes de cualquier cultivo.

### FERTILIDAD: SERIE EL CRUCE

PROFUNDIDAD (cm.)	BASES INTERCAMBIABLES			FÓSFORO	NITRÓGENO TOTAL
	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>		
0 - 48	Moderado	Moderado	Bajo	Bajo	Muy Bajo

\* Para la descripción de la fertilidad de estas series, sólo se consideró la serie de El Cruce, por ser representativa para las demás series (San Roque, Agua Rica y Chilcayo)

### 5.2.1.3. SERIE: LA CAPILLA, PAPACHACRA

#### UBICACIÓN, SUPERFICIE Y USO ACTUAL

Los suelos que pertenecen a estas series se ubican entre las Serranías y las Terrazas y conforman el pie de monte y el pie de los abanicos aluviales, corresponden al símbolo en el mapa de suelos:

La Capilla S 2.2.2.

Papachacra S 3.2.2.

La superficie de estas series es de 28,20 hectáreas y representan el 0,40% del total estudiado. Al momento del estudio estos suelos tenían pasto natural y algunos han sido cultivos de ajo. Fisiográficamente corresponden al pie de monte y pie de abanico aluvial.

#### CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Áreas planas a casi planas con pendientes que no exceden al 3%, moderadamente profundas bien drenadas, con evidencias de erosión hídrica y eólica ligera, su desarrollo pedogenético es insipiente ya que en algunos casos presentan un B

cámbico por lo que se los clasifica en el orden de los Inceptisoles y tienen las siguientes secuencias de horizontes Ap, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>. Tienen como perfiles representativos al 11 y 20.

### **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**

La textura en los dos primeros horizontes es franco arcillo arenosa y hasta contacto lítico (82 cm.), franco arenoso; la estructura en general es en bloques angulares y subangulares de desarrollo débil, la consistencia en mojado es ligeramente adherente y ligeramente plástico hasta 60 cm., en el resto del perfil son no adherentes no plásticos, en húmedo son friables y en seco ligeramente duros.

La porosidad es frecuente de tamaños finos y medianos.

La densidad aparente es baja 1,40 gr./cm<sup>3</sup> en el horizonte superficial y 1,61 gr./cm<sup>3</sup> en profundidad, la retención de humedad es buena (1,47 cm./dm.), con una permeabilidad lenta y una infiltración básica media 4,62 cm./hr. (ver cuadro N° 5).

### **CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

El pH varía desde débil a fuertemente alcalinos con la profundidad, por su conductividad eléctrica son suelos normales.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es baja, el total de bases intercambiables (TBI) moderado, el porcentaje de saturación de bases (% SB) muy alto, que indica que la lixiviación es débil.

El contenido de calcio (Ca<sup>++</sup>) intercambiable es moderado en todo el perfil, el contenido de magnesio (Mg<sup>++</sup>) varía de moderado a alto en forma intercalada; el sodio (Na<sup>+</sup>) es moderado y el potasio (K<sup>+</sup>) bajo en todo el perfil.

La materia orgánica (% MO) y el nitrógeno total (NT), tienen valores muy bajos, el fósforo (P) asimilable se encuentra en cantidades moderadas en los dos primeros horizontes y alto a muy alto en el resto del perfil (ver cuadro N° 6).

## FERTILIDAD

El análisis de los datos del cuadro de la serie Papachacra nos da que estos suelos tienen moderada cantidad de calcio y magnesio, el contenido de fósforo es moderado y el nitrógeno total muy bajo que indica una fertilidad baja en los elementos esenciales (nitrógeno y potasio), por lo tanto deberán aplicar fertilizantes ricos en estos elementos previo a cualquier cultivo.

### FERTILIDAD SERIE PAPACHACRA

PROFUNDIDAD (cm.)	BASES INTERCAMBIABLES			FÓSFORO	NITRÓGENO TOTAL
	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>		
0 - 23	Moderado	Moderado	Bajo	Moderado	Muy bajo
23 - 60	Moderado	Moderado	Bajo	Moderado	Muy bajo

\* La fertilidad de la serie Papachacra, se consideró como representativa para la serie La Capilla.

#### 5.2.1.4. SERIE: CAMPANARIO, EL POZO, SAN ANTONIO Y AJEROS.

##### UBICACIÓN, SUPERFICIE Y USO ACTUAL

Los suelos de esta serie están ubicados a ambos lados del río Tomayapo en forma de terrazas de diferente nivel.

Están identificados en el mapa de suelos con los siguientes símbolos

Campanario	T1.1.1.
El Pozo	T1.1.2.
San Antonio	T1.2.1.
Ajeros	T1.2.2.

La superficie total de estas series es de 946,00 hectáreas que significan el 14,36 % del total estudiado. Estos suelos son los utilizados en agricultura, al momento del estudio fueron cultivos de ajo, papa y haba. Fisiográficamente pertenecen a las terrazas aluviales del río Tomayapo.

## **CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS**

Áreas generalmente de relieve plano con pendiente que no excede al 3%, moderadamente profunda a profundas, con evidencia de erosión hídrica ligera, poco desarrollo pedogenético con presencia de horizonte B cámbico que los ubica en el orden de los Inceptisoles.

Presentan diferentes secuencias de horizontes y las más representativas son Ap, Bw para los suelos típicos y Ap, AB, 2BW, BC y C para los suelos fluvénticos.

Los perfiles que representan a estas unidades son las siguientes: 3, 4, 12,17, 18, 24, 26, 42, 43, 46.

## **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**

La textura en general es franco arcillo arenosa, franco arenosa y franco arcillosa en forma intercalada, la estructura en bloques angulares y subangulares con desarrollo débil a moderado de tamaño medio en el suelo y subsuelo.

La consistencia en mojado varia de adherente a ligeramente adherente, en húmedo friable superficialmente duro y muy duro en el resto de perfil.

Presenta muchos poros en el suelo y subsuelo de tamaños finos, medianos y frecuentes en el substrato de tamaños finos y muy finos.

La densidad aparente es baja en la capa superficial (valores menores a  $1,4 \text{ gr./cm}^3$ ) y medianos en el resto de los horizontes  $1,4 - 1,7 \text{ gr./cm}^3$ . (ver cuadro N° 5).

## **CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

El pH es suavemente ácido en todo el perfil, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) varia de bajo a moderado, el total de bases intercambiables (TBI) es moderado y el porcentaje de saturación de bases (% SB) muy alto.

Los contenidos de Calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), Magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ ), Sodio ( $\text{Na}^+$ ) y Potasio ( $\text{K}^+$ ) intercambiables están en cantidades moderadas, en todo el perfil.

La materia orgánica (% MO) y el nitrógeno total (NT) varían de bajo a muy bajo y el contenido de fósforo asimilable (P) es bajo en el primer horizonte y moderado en el resto del perfil (ver cuadro N° 6).

### **FERTILIDAD**

Analizando los cuadros de fertilidad de las series que componen esta descripción, podemos decir que es moderado con referencia al calcio, magnesio y potasio y no así en lo que respecta al fósforo y nitrógeno que se presentan en cantidades bajas a muy bajas lo que implica que se deberán aplicar fertilizantes ricos en estos elementos.

#### **FERTILIDAD: SERIE CAMPANARIO**

PROFUNDIDAD (cm.)	BASES INTERCAMBIABLES			FÓSFORO	NITRÓGENO TOTAL
	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>		
0 - 28	Moderado	Moderado	Bajo	Moderado	Muy bajo
28 - 50	Moderado	Muy alto	Moderado	Muy bajo	Muy bajo

#### **FERTILIDAD: SERIE EL POZO**

PROFUNDIDAD (cm.)	BASES INTERCAMBIABLES			FÓSFORO	NITRÓGENO TOTAL
	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>		
0 - 41	Moderado	Moderado	Bajo	Bajo	Muy bajo
41 - 62	Moderado	Moderado	Bajo	Bajo	Muy bajo

#### **FERTILIDAD: SERIE SAN ANTONIO**

PROFUNDIDAD (cm.)	BASES INTERCAMBIABLES			FÓSFORO	NITRÓGENO TOTAL
	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>		
0 - 18	Moderado	Moderado	Moderado	Muy bajo	Bajo
18 - 60	Moderado	Alto	Moderado	Bajo	Muy bajo

## FERTILIDAD: SERIE AJEROS

PROFUNDIDAD (cm.)	BASES INTERCAMBIABLES			FÓSFORO	NITRÓGENO TOTAL
	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>		
0 - 30	Moderado	Alto	Adecuado	Muy alto	Bajo
30 - 51	Moderado	Alto	Moderado	Muy alto	Muy bajo

### 5.2.1.5. SERIE: PUEBLO NUEVO

#### UBICACIÓN, SUPERFICIE Y USO ACTUAL

Se ubican en forma indistinta en el área de estudio, y están identificadas en el mapa de suelos con el símbolo cartográfico T2.1.1. Tienen una superficie de 132,80 hectáreas que representan 2,02% del total estudiado.

El área está ocupada por pastizales naturales. Fisiográficamente pertenecen a las planicies fluviolacustres.

#### CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Áreas planas a casi planas con pendiente hasta el 3% moderadamente profunda, imperfectamente drenadas, con evidencia de erosión hídrica ligera, su desarrollo pedogenético lo ubica en el orden de los Inceptisoles y tienen la siguiente secuencia de horizontes Ap, Bw, C y tiene como perfil representativo el N° 9.

#### CARÁCTERÍSTICAS FÍSICAS

La textura dominante es franco arcillo arenosa en el primer horizonte y franco arcilloso en el segundo.

La estructura en el suelo y subsuelo son en bloques subangulares y angulares de desarrollo débil a moderado.

La consistencia en mojado no es adherente y plástico en el resto del perfil en húmedo son friables; ligeramente duro en seco.

Presentan pocos poros muy finos y finos en todo el perfil. La densidad aparente es baja 1,46 gr./cm<sup>3</sup> en la superficie y 1,39 gr./cm<sup>3</sup> en el subsuelo, la retención de humedad es buena 1,74 cm./dm, con una permeabilidad lenta y una infiltración básica media 5,32 cm./hr. (ver cuadro N° 5).

### **CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

El pH es suavemente ácido. La conductividad eléctrica demuestra que estos suelos no presentan salinidad.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es baja, el total de bases intercambiables (TBI) moderado y el porcentaje de saturación de bases (% SB) muy alto, lo que afirma que la lixiviación es muy débil en estos suelos.

El contenido del calcio (Ca<sup>++</sup>) y magnesio (Mg<sup>++</sup>) intercambiables es moderado; el sodio (Na<sup>+</sup>) intercambiable es alto y el potasio (K<sup>+</sup>) varía de moderado a adecuado.

El contenido de materia orgánica (% MO) es moderado en el primer horizonte y bajo en el segundo, el nitrógeno total (NT) es muy bajo y el fósforo asimilable (P) también tiene niveles bajos. (ver cuadro N° 6).

### **FERTILIDAD**

A excepción del fósforo y nitrógeno que están en niveles bajos a muy bajos, los demás elementos tienen valores adecuados, consecuentemente se utilizaran fertilizantes ricos en fosforo y nitrógeno antes de introducir cualquier cultivo.

#### **FERTILIDAD: SERIE PUEBLO NUEVO**

PROFUNDIDAD (cm.)	BASES INTERCAMBIABLES			FÓSFORO	NITRÓGENO TOTAL
	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>		
0 - 20	Moderado	Moderado	Moderado	Bajo	Muy bajo
20 - 27	Moderado	Moderado	Adecuado	Bajo	Muy bajo

### **5.2.1.6. SERIE: CEMENTERIO**

#### **UBICACIÓN SUPERFICIE Y USO ACTUAL**

Están ubicados cerca al cementerio de Papachacra, está representado en el mapa por el símbolo T2.2.1.

Por sus características son importantes para el pastoreo. Fisiográficamente perteneciente a las depresiones de la llanura fluviolacustres.

#### **CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS**

Son suelos planos a casi planos con pendientes que no exceden al 3%. Suelos profundos, de un desarrollo pedogenético incipiente que le incluye en el orden de los Aridisoles. La secuencia de los horizontes es como sigue Ap, Bca<sub>1</sub>, Bca<sub>2</sub>.

Los perfiles representativos son: 2, 23, 48.

#### **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**

Las texturas predominantes son el franco, franco arcillo arenosas y franco arenosas. La estructura en el primer horizonte es granular y en bloques subangulares de desarrollo moderado.

La consistencia en mojado no es adherente y ligeramente plástico en todo el perfil, en húmedo son friables.

Presentan frecuentes poros su superficie de tamaño muy finos y finos; pocos en el resto del perfil.

La densidad aparente es baja 1,47 gr./cm<sup>3</sup>; la retención de agua regular 1,34 cm./dm. y la infiltración básica muy baja 0,14 cm./hr. (ver cuadro N° 5).

#### **CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

El pH es debidamente alcalino en todo el perfil. Por su conductividad eléctrica son suelos normales.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es alto en el primer horizonte y moderado en el resto; el total de bases intercambiables (TBI) varía de muy alto a alto y el porcentaje de saturación de bases (% SB) muy alto.

El contenido de Calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), Magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ ) y Sodio ( $\text{Na}^+$ ) intercambiables es alto, Potasio ( $\text{K}^+$ ) varía de alto a adecuado.

El contenido de materia orgánica (% MO) y el nitrógeno total (NT) es bajo y el fósforo asimilable (P) también se encuentra en cantidades muy bajas. (ver cuadro N° 6).

### **FERTILIDAD**

De acuerdo al cuadro de fertilidad estos suelos son deficientes en fosforo y nitrógeno, motivo por el cual se deberán aplicar fertilizantes ricos en fósforo y nitrógeno si se quiere implantar cualquier cultivo.

#### **FERTILIDAD: SERIE CEMENTERIO**

PROFUNDIDAD (cm.)	BASES INTERCAMBIABLES			FÓSFORO	NITRÓGENO TOTAL
	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>		
0 - 50	Alto	Alto	Alto	Bajo	Bajo
50 - 63	Alto	Alto	Adecuado	Muy bajo	Muy bajo

**CUADRO N° 5**

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS PERFILES MODALES**

N° Perfil	Símbolo	Prof. (cm.)	Textura	Granulometría			CC %	PMP	Da gr./cm <sup>3</sup>	Dp gr./cm <sup>3</sup>	HTA cm./dm.	CRH cm./dm.	Calificación
				Arena %	Limo %	Arcilla %							
2	Ap	0-50	FA	42.50	34.50	23.00	32.94	21.74	1.47 negro 1.23 rojo	2.25	6.50	1.34	Regular
	Bca <sub>1</sub>	50-63	FYA	55.00	21.50	23.50	28.00	19.12	-	2.55	2.08		
	Bca <sub>2</sub>	63-86	FA	70.00	14.00	16.00	21.22	13.01	-	2.57	2.99		
	C	86-106	FA	69.50	17.00	13.50	22.36	13.01	-	2.63	2.60		
3	Ap	0-30	FYA	49.50	23.30	27.20	15.14	7.09	1.73	2.60	4.80	1.69	Buena
	Ap <sub>1</sub>	30-51	FYA	52.00	27.00	21.00	18.18	10.07	1.69	2.54	3.36		
	AB	51-64	F-FY	42.00	30.80	27.20	16.78	8.87	-	2.57	2.21		
	2Bw	64-80	FY	27.00	43.20	29.80	23.28	13.86	-	2.62	4.32		
	BC	80-86	FA	74.50	7.00	18.50	5.48	2.88	-	2.66	0.78		
	C <sub>1</sub>	86-98	F-FY	35.00	37.80	27.20	2.66	6.97	-	2.61	2.04		
	C <sub>2</sub>	98-120	FA	72.50	9.00	18.50	6.97	3.03	-	2.62	2.86		
4	Ap	0-41	FA	72.00	9.50	18.50	6.26	3.00	1.56	2.60	2.80	1.82	Buena
	Bw <sub>1</sub>	41-62	FYA	50.00	24.50	25.50	16.67	7.55	1.57	2.68	9.92		

	Bw <sub>2</sub>	62-77	FY	22.50	44.50	33.00	24.83	15.88	-	2.68	2.70		
	BC	77-96	FYA	55.00	23.20	21.80	10.48	2.87	-	2.70	3.04		
	C	96-113	FA	70.00	11.50	18.50	5.46	2.29	-	2.64	2.21		
9	Ap	0-20	FYA	47.50	19.00	33.50	17.63	9.01	1.46	2.61	3.20		
	Bw	20-77	FY	35.00	32.00	33.00	20.42	10.42	1.39	2.57	10.26	1.74	Buena
11	Ap	0-23	FYA	60.00	18.20	21.80	14.01	6.56	1.4	2.66	3.62		
	Bw <sub>1</sub>	23-60	FYA	60.00	19.50	20.50	13.57	4.81	1.61	2.66	5.92		
	Bw <sub>2</sub>	60-82	FA	63.40	17.60	19.00	11.59	3.79	-	2.67	2.86		
	C <sub>1</sub>	82-97	FYA	66.00	12.50	21.50	10.98	4.40	-	2.49	2.40		
	C <sub>2</sub>	97-122	FYA	64.80	19.10	16.10	17.25	6.86	-	2.55	3.25	1.47	Buena
12	Ap	0-20	FYA	46.00	20.00	34.00	20.73	10.42	1.28	2.42	3.20		
	Ap <sub>1</sub>	20-48	FY	31.00	37.50	31.50	25.08	12.00	1.59	2.50	5.04		
	AC	48-67	FYA	66.00	12.50	21.50	9.48	2.59	-	2.23	30.40		
	2Bw	67-85	YL	16.00	42.50	41.50	38.16	22.45	-	21.50	3.42		
	C	85-120	Y	23.50	32.50	44.00	59.29	27.03	-	1.92	6.65	1.77	Buena
15	Ap	0-30	FYA	61.00	17.50	21.50	11.81	4.12	1.4	2.59	4.80		
	Bw	30-65	FY	21.00	41.20	37.80	36.70	16.44	1.36	2.34	6.30		
	C	65-90	Y	18.50	37.50	44.00	44.59	20.57	-	2.46	4.75	1.76	Buena
17	Ap	0-25	FY	41.00	25.00	34.00	25.00	11.70	1.20	2.71	4.50	1.72	Buena

	Bw	25-78	FY	42.20	27.50	30.00	24.00	13.82	1.49	2.58	9.54		
	C	78-125	FYA	48.50	27.50	24.00	21.38	10.91	-	2.56	7.52		
18	Ap	0-21	FYA	57.10	17.90	25.00	19.21	9.46	1.39	2.67	3.36		
	Bw	21-85	FY	38.40	29.10	32.50	24.75	15.52	1.58	2.57	11.52		
	C	85-109	FY	43.50	27.10	29.40	19.64	9.55	-	2.62	4.32	1.76	Buena
19	Ap	0-37	FYA	56.00	19.60	24.40	16.42	8.21	1.47	2.64	5.92	1.60	Buena
20	Ap	0-37	FYA	56.00	19.60	24.40	16.42	8.21	1.47	2.64	5.92	1.60	Buena
23	A <sub>1</sub>	0-30	FYA	51.30	18.70	30.00	23.14	11.28	1.27	2.67	4.80		
	Bw	30-50	FYA	55.00	22.50	22.50	17.05	9.39	1.51	2.61	3.20	1.60	Buena
24	Ap	0-18	FYA	52.50	25.00	22.50	19.65	7.82	1.56	2.58	2.88		
	Bw <sub>1</sub>	18-60	FYA-FA	56.20	23.80	20.00	19.47	11.29	1.59	2.58	6.44		
	Bw <sub>2</sub>	60-92	FA	71.20	10.00	18.80	11.49	5.97	-	2.65	4.16	1.46	Buena
26	Ap	0-25	FYA	46.20	26.30	27.50	25.24	10.75	1.45	2.57	4.80		
	Ap <sub>1</sub>	25-63	F	50.00	28.80	21.20	19.39	10.63	1.57	2.63	6.10		
	Bw <sub>1</sub>	63-81	F	47.50	32.50	20.00	16.23	8.33	-	2.73	2.88		
	Bw <sub>2</sub>	81-110	FYA	50.00	25.00	25.00	28.71	20.31	-	2.59	4.64	1.66	Buena
33	Ap	0-48	FYA	67.50	10.00	22.50	8.26	5.31	-	2.53	7.68	1.60	Buena
39	Ap	0-40	FA	72.50	10.00	17.50	8.31	5.50	-	2.54	5.20		
	Ap <sub>1</sub>	40-68	FYA	57.50	18.80	23.70	23.90	14.90	-	2.39	4.48	1.54	Buena

	Bw	68-100	FY	37.50	27.50	35.00	46.80	41.52	-	2.10	5.76		
42	Ap	0-20	FYA	52.50	23.80	23.70	17.13	9.51	1.47	2.54	3.20	1.74	Buena
	Bw	20-70	FY	40.00	30.00	30.00	18.82	11.50	1.66	2.62	9.00		
43	Ap	0-28	FYA	47.50	23.80	28.70	15.16	8.55	1.73	2.65	4.46	1.60	Buena
	Bw	34-65	F	50.60	38.80	10.60	32.18	19.89	1.95	2.48	4.32		
46	Ap	0-62	FYA	50.60	22.50	26.90	13.13	7.66	-	2.63	6.08	1.60	Buena
48	Ap	0-20	Y	26.90	31.20	41.90	29.28	22.18	1.08	2.43	3.80	1.50	Buena
	Bw <sub>1</sub>	20-57	Y	28.50	28.40	43.10	22.98	17.69	1.47	2.58	5.13		
	Bw <sub>2</sub>	57-82	FA	58.50	24.60	16.90	13.73	9.12	-	2.69	3.25		
	C	82-103	F	51.00	35.40	13.10	15.94	9.86	-	2.66	3.36		

Fuente: Elaboración propia, en base a los análisis de laboratorio.

**CUADRO N° 6**

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LOS PERFILES MODALES**

<b>N° Perfil</b>	<b>Prof.</b>	<b>Clasificación Taxonómica</b>	<b>pH</b>	<b>CE</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Na</b>	<b>K</b>	<b>TBI</b>	<b>CIC mg/100 gr</b>	<b>SB %</b>	<b>NT %</b>	<b>MO %</b>	<b>P ppm</b>
2	0-50	Typic Calciorthids	Débilmente alcalino	No salino	Alto	Alto	Alto	Alto	Muy Alto	Alto	Muy alto	Bajo	Mod.	Bajo
	50-63		Débilmente alcalino	No salino	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Mod.	Muy alto	-	-	Muy bajo
	63-86		Débilmente alcalino	No salino	Alto	Alto	Alto	Mod.	Alto	Mod.	Muy alto	-	-	Muy bajo
	86-106		Débilmente alcalino	No salino	Adec.	Alto	Alto	Adec.	Alto	Mod.	Muy alto	-	-	Muy bajo
3	0-30	Fluventic Ustochrepts	Suave acido	No salino	Mod.	Alto	Alto	Adec.	Mod.	Mod.	Muy alto	Bajo	Mod.	Muy alto
	30-51		Suave acido	No salino	Mod.	Alto	Mod.	Mod.	Mod.	Mod.	Muy alto	Muy bajo	Bajo	Muy alto
	51-64		Neutro	No salino	Mod.	Alto	Mod.	Mod.	Mod.	Mod.	Muy alto	-	-	Alto
	64-80		Neutro	No salino	Mod.	Alto	Mod.	Bajo	Alto	Mod.	Muy alto	-	-	Alto
	80-86		Neutro	No salino	Adec.	Mod.	Mod.	Bajo	Bajo	Bajo	Muy alto	-	-	Bajo
	86-98		Neutro	No salino	Bajo	Alto	Mod.	Bajo	Mod.	Bajo	Muy alto	-	-	Mod.

	98-120		Neutro	No salino	Bajo	Mod.	Mod.	Mod.	Bajo	Bajo	Muy alto	-	-	Mod.
4	0-41	Typic Ustochrepts	Neutro	No salino	Bajo	Mod.	Muy bajo	Muy bajo	Mod.	Bajo	Muy alto	Muy bajo	Bajo	Bajo
	41-62		Neutro	No salino	Mod.	Mod.	Muy bajo	Muy bajo	Mod.	Bajo	Muy alto	Muy bajo	Bajo	Bajo
	62-77		Débilmente alcalino	No salino	Alto	Mod.	Muy bajo	Bajo	Alto	Mod.	Muy alto	-	-	Mod.
	77-96		Mod. Alcalino	No salino	Mod.	Mod.	Muy bajo	Muy bajo	Mod.	Bajo	Muy alto	-	-	Bajo
	96-113		Mod. Alcalino	No salino	Mod.	Mod.	Muy bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Muy alto			Bajo
9	0-20	Typic Ustochrepts	Suave acido	No salino	Mod.	Mod.	Alto	Mod.	Mod.	Bajo	Muy alto	Muy bajo	Mod.	Bajo
	20-77		Suave acido	No salino	Mod.	Mod.	Alto	Adec.	Mod.	Bajo	Muy alto	Muy bajo	Bajo	Bajo
11	0-23	Typic Ustochrepts	Débilmente alcalino	No salino	Mod.	Mod.	Mod.	Bajo	Mod.	Mod.	Muy alto	Muy bajo	Bajo	Mod.
	23-60		Mod. Alcalino	No salino	Mod.	Mod.	Mod.	Bajo	Mod.	Bajo	Muy alto	Muy bajo	Bajo	Mod.
	60-82		Mod. Alcalino	No salino	Mod.	Alto	Mod.	Bajo	Mod.	Bajo	Muy alto	-	-	Alto
	82-97		Fuertemente alcalino	No salino	Mod.	Mod.	Mod.	Muy bajo	Mod.	Bajo	Muy alto	-	-	Muy alto

	97-122		Fuertemente alcalino	No salino	Mod.	Alto	Mod.	Bajo	Mod.	Bajo	Muy alto	-	-	Muy alto
12	0-20	Fluventic Ustochrepts	Suave ácido	No salino	Mod.	Mod.	Mod.	Mod.	Mod.	Bajo	Muy alto	Bajo	Mod.	Mod.
	20-48		Suave ácido	No salino	Mod.	Alto	Mod.	Bajo	Mod.	Mod.	Muy alto	Bajo	Mod.	Bajo
	48-67		Suave ácido	No salino	Mod.	Mod.	Mod.	Bajo	Bajo	Bajo	Muy alto	-	-	Bajo
	67-85		Suave ácido	No salino	Alto	Alto	Mod.	Mod.	Alto	Mod.	Muy alto	-	-	Bajo
	85-120		Mod. ácido	No salino	Muy alto	Muy alto	Mod.	Mod.	Muy Alto	Alto	Muy alto	-	-	Bajo
15	0-30	Typic Ustochrepts	Suave acido	No salino	Mod.	Mod.	Mod.	Bajo	Mod.	Bajo	Muy alto	Muy bajo	Bajo	Bajo
	30-65		Mod. ácido	No salino	Alto	Alto	Mod.	Mod.	Alto	Mod.	Muy alto	Bajo	Mod.	Mod.
	65-90		Mod. ácido	No salino	Alto	Alto	Mod.	Mod.	Alto	Mod.	Muy alto	-	-	Mod.
17	0-25	Typic Ustochrepts	Mod. ácido	No salino	Mod.	Mod.	Mod.	Mod.	Mod.	Bajo	Muy alto	Bajo	Mod.	Bajo
	25-78		Mod. ácido	No salino	Mod.	Adec.	Mod.	Mod.	Mod.	Bajo	Muy alto	Muy bajo	Bajo	Mod.
	78-125		Mod. ácido	No salino	Mod.	Mod.	Mod.	Mod.	Mod.	Mod.	Muy alto	-	-	Mod.

18	0-21	Typic Ustochrepts	Mod. ácido	No salino	Mod.	Alto	Alto	Adec.	Mod.	Mod.	Muy alto	Bajo	Mod.	Mod.
	21-85		Suave ácido	No salino	Mod.	Alto	Alto	Mod.	Mod.	Mod.	Muy alto	Muy bajo	Bajo	Bajo
	85-109		Neutro	No salino	Bajo	Alto	Mod.	Mod.	Mod.	Mod.	Muy alto	-	-	Mod.
19	0-37	Lithic Ustorthents	Suave ácido	No salino	Mod.	Alto	Mod.	Mod.	Mod.	Mod.	Muy alto	Muy bajo	Bajo	Mod.
20	0-60	Typic Ustorthents	Suave ácido	No salino	Mod.	Alto	Alto	Mod.	Mod.	Mod.	Muy alto	Muy bajo	Bajo	Bajo
23	0-30	Typic Ustorthents	Mod. ácido	No salino	Mod.	Mod.	Alto	Mod.	Mod.	Bajo	Muy alto	Bajo	Mod.	Muy bajo
	30-50		Suave ácido	No salino	Mod.	Alto	Adec.	Mod.	Mod.	Bajo	Muy alto	Muy bajo	Bajo	Bajo
24	0-18	Typic Ustorthents	Suave ácido	No salino	Mod.	Mod.	Alto	Mod.	Mod.	Bajo	Muy alto	Bajo	Mod.	Muy bajo
	18-60		Suave ácido	No salino	Mod.	Alto	Alto	Mod.	Mod.	Bajo	Muy alto	Muy bajo	Bajo	Bajo
	60-92		Neutro	No salino	Mod.	Mod.	Alto	Mod.	Bajo	Mod.	alto alto	-	-	Bajo
26	0-25	Fluentic Ustochrepts	Suave ácido	No salino	Alto	Alto	Alto	Mod.	Mod.	Mod.	alto	Bajo	Mod.	Mod.
	25-63		Suave ácido	No salino	Alto	Alto	Mod.	Mod.	Mod.	Bajo	alto	Muy bajo	Bajo	Mod.

	63-81		Neutro	No salino	Mod.	Alto	Mod.	Bajo	Mod.	Bajo	Muy alto	-	-	Mod.
	81-110		Débilmente alcalino	No salino	Alto	Alto	Alto	Mod.	Alto	Mod.	Muy alto	-	-	Mod.
33	0-48	Lithic Ustorthents	Neutro	No salino	Mod.	Mod.	Alto	Bajo	Mod.	Bajo	Muy alto	Muy bajo	Bajo	Bajo
39	0-40	Fluentic Ustochrepts	Mod. Alcalino	No salino	Alto	Mod.	Mod.	Muy bajo	Mod.	Mod.	Muy alto	Muy bajo	Bajo	Bajo
	40-68		Débilmente alcalino	No salino	Alto	Alto	Alto	Bajo	Alto	Mod.	Muy alto	Mod.	Alto	Bajo
	68-100		Neutro	No salino	Muy alto	Muy alto	Mod.	Muy bajo	Muy Alto	Alto	Muy alto	-	-	Mod.
42	0-20	Typic Ustochrepts	Neutro	No salino	Mod.	Mod.	Alto	Muy bajo	Mod.	Bajo	Muy alto	Bajo	Mod.	Mod.
	20-70		Suave ácido	No salino	Mod.	Alto	Alto	Mod.	Mod.	Bajo	Muy alto			
43	0-28	Typic Ustochrepts	Mod. ácido	No salino	Mod.	Mod.	Alto	Mod.	Bajo	Bajo	Muy alto	Muy bajo	Mod.	Mod.
	34-65		Débilmente alcalino	No salino	Mod.	Muy alto	Alto	Mod.	Alto	Mod.	Muy alto	Muy bajo	Bajo	Muy bajo
46	0-62	Typic Ustochrepts	Suave acido	No salino	Mod.	Mod.	Alto	Adec.	Mod.	Bajo	alto	Bajo	Mod.	Bajo
48	0-20	Typic Ustochrepts	Fuertemente alcalino	No salino	Alto	Alto	Alto	Adec.	Alto	Mod.	alto	Mod.	Alto	Mod.

20-57	Mod. ácido	No salino	Mod.	Alto	Alto	Mod.	Mod.	Mod.	alto	Bajo	Mod.	Alto
57-82	Mod. ácido	No salino	Mod.	Mod.	Alto	Muy bajo	Mod.	Bajo	Muy alto	-	-	Mod.
82-103	Mod. ácido	No salino	Mod.	Mod.	Alto	Muy bajo	Mod.	Bajo	Muy alto	-	-	Bajo

Fuente: Elaboración propia, en base a los análisis de laboratorio.

**CUADRO N° 7**

**RESUMEN DE PRUEBAS DE INFILTRACIÓN**

Unidad de Mapeo	N° Perfil	Infiltración Acumulada	Velocidad de Infiltración (cm./hr.)	Infiltración Básica (cm./hr.)	Clase
Cementerio	2	2.260T <sup>0.242</sup>	124.93T <sup>-1.05</sup>	0.14	Muy baja
Ajeros	3	1.510T <sup>0.730</sup>	127.86T <sup>-0.60</sup>	3.69	Media
El Pozo	4	1.319T <sup>0.571</sup>	75.17T <sup>-0.45</sup>	5.28	Media
Campanario	5	0.886T <sup>0.598</sup>	56.57T <sup>-0.47</sup>	3.95	Media
Campanario	6	0.850T <sup>0.525</sup>	44.42T <sup>-0.52</sup>	2.21	Baja
Pueblo Nuevo	9	0.235T <sup>0.812</sup>	10.34T <sup>-0.14</sup>	5.32	Media
Papachacra	11	0.923T <sup>0.633</sup>	76.92T <sup>-0.49</sup>	4.62	Media
Ajeros	12	0.897T <sup>0.623</sup>	74.90T <sup>-0.51</sup>	3.99	Media
El Cruce	15	0.273T <sup>0.864</sup>	23.47T <sup>-0.18</sup>	9.95	Alta
Campanario	18	0.203T <sup>0.900</sup>	27.25T <sup>-0.27</sup>	6.75	Media
Campanario	19	1.463T <sup>0.466</sup>	95.13T <sup>-0.67</sup>	1.61	Muy baja
Cementerio	23	1.198T <sup>0.210</sup>	51.70T <sup>-1.03</sup>	0.07	Muy baja
Ajeros	26	0.571T <sup>0.755</sup>	42.30T <sup>-0.29</sup>	9.47	Alta
Ajeros	39	1.107T <sup>0.411</sup>	87.90T <sup>-0.83</sup>	0.49	Muy baja
San Antonio	42	0.288T <sup>0.481</sup>	20.59T <sup>-0.85</sup>	0.1	Muy baja
Campanario	43	0.713T <sup>0.587</sup>	12.97T <sup>-0.57</sup>	5.63	Media
Campanario	46	1.172T <sup>0.589</sup>	102.94T <sup>-0.57</sup>	3.56	Baja
Cementerio	48	1.293T <sup>0.634</sup>	179.75T <sup>-0.66</sup>	3.27	Baja

Fuente: Elaboración propia

**5.3. CLASIFICACIÓN DE TIERRAS SEGÚN SU APTITUD PARA EL RIEGO**

La clasificación de tierras por su aptitud para el riego del presente estudio del altiplano de Iscayachi, se la hizo en base al estudio de suelos a cada serie se le analizaron sus propiedades físicas, químicas ubicándolas en sus respectivas clases y subclases que se describe en el cuadro N° 8.

## CUADRO N° 8

### CLASIFICACIÓN DE LAS TIERRAS SEGÚN SU APTITUD PARA RIEGO

Categoría	Sub clase	Clase	Unidad de mapeo	Superficie (Has.)		%	
				Sub clase	Clase	Sub clase	Clase
Moderadamente apropiados	2s	2	Ajeros	390,45		5,93	
			El Pozo	36,80		0,56	
			Papachacra	18,90		0,29	
			San Antonio	213,10	659,25	3,24	10,02
Poco Apropriados	3s	3	Campanario	233,00		3,54	
			San Antonio	72,65		1,10	
			El Cruce	24,20		0,37	
	3sp		El Cruce	428,00	757,85	6,50	11,51
	Muy Poco Apropriados	4s	4	Pueblo Nuevo	132,80		2,02
Cementerio				197,40		3,00	
4sp			Chilcayo	199,95		3,04	
			La Capilla	9,30		0,14	
			San Roque	1765,05		26,80	
4esp			San Roque	94,80		1,14	
			El Cruce	171,10	2570,40	2,60	39,04
Uso Especial	5ws	5	Cementerio	81,10	81,10	1,23	1,23
No Apropriados	6s	6	Tomayapo	167,90		2,55	
	6sp		Tomayapo	2080,40	2248,30	31,60	34,15
			Misceláneas	267,70	267,70	4,05	4,05
<b>TOTAL</b>				<b>6584,60</b>	<b>6584,60</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.3.1. CLASE DE LAS TIERRAS SEGÚN SU APTITUD PARA EL RIEGO

Las características físico-químicas de los suelos del área de estudio no dan lugar para que alguna de ellas pueda ser incluida dentro de la clase 1, por su aptitud para el riego.

#### CLASE 2

Los suelos de la subclase 2s presentan la mejor aptitud para riego del área estudiada incluye a las series Ajeros, El Pozo, Papachacra y San Antonio de permeabilidad moderada y una infiltración básica, media que varía de 3,69 a 5,28 cm./hr.

La capacidad por retención de humedad es buena, drenaje interno medio, sin peligro de inundación, suelos no salinos de topografía plana, sin embargo en muchos de estos suelos para la aplicación de riego deberán hacerse nivelaciones del terreno.

### **CLASE 3**

En esta clase se incluyen los suelos de las series: Campanario, San Antonio y El Cruce.

Las series Campanario y San Antonio clasificados en la subclase 3s, son los más importantes en esta clase su profundidad está comprendida entre profundas a moderadamente profundas, de permeabilidad moderadamente lenta, su infiltración básica varía de muy baja a media (0,10 – 6,57 cm./hr.).

La capacidad de retención de humedad es buena, el drenaje interno lento, sin peligros de inundación, no salinos con pendientes suaves (1 – 3%). La aplicación del riego deberá hacerse previa nivelación de los terrenos.

La serie El Cruce, clasificación con la subclase 3sp se ubica en un relieve ondulado, son suelos que tienen las mismas características de la serie anterior, con la diferencia del contenido de piedra en superficie.

### **CLASE 4**

En esta clase están agrupadas las series: Pueblo Nuevo, Chilcayo, Cementerio, La Capilla, San Roque y El Cruce.

Las series Pueblo Nuevo y Cementerio que corresponden a la subclase 4s, caracterizados por presentar texturas medianas, tiene un relieve, plano a casi plano (0 – 2%), profundas, bien drenados con una permeabilidad baja y una infiltración básica que varía de baja 3,27 cm./hr. a media 5,32 cm./hr.

Las series Chilcayo, La Capilla y San Roque pertenecen a la subclase 4sp con las mismas características texturales de la anterior subclase, con relieve que varía de plano a moderadamente ondulado, con una infiltración básica muy baja (1,61 cm./hr.).

Son suelos muy superficiales y demasiado pobres en fertilidad, además de contener piedras en superficie.

Las series San Roque y El Cruce que se incluyen en la subclase 4esp con las mismas características de la anterior serie (superficiales, piedras en superficie, pobres en nutrientes, etc.), están sujetadas a procesos activos de erosión.

En general estas tierras son muy poco apropiadas para el riego.

#### **CLASE 5**

Que incluyen a las series Cementerio con fuertes deficiencias en el drenaje, factor que lo incluye en la subclase 5Ws, con infiltraciones básica muy baja 0,07 cm./hr.

Para estas características un tratamiento para incorporarlas al riego son muy especiales.

#### **CLASE 6**

Representados por las serie Tomayapo y Misceláneas pertenecen a las subclases 6s y 6sp, corresponden a orillas del río y otras tierras Misceláneas con presencia de tierras no arables, consecuentemente no regables.

## CAPÍTULO 6

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1. CONCLUSIONES

Después de haber realizado un análisis exhaustivo de las características morfológicas, físicas y químicas de las 6584.60 hectáreas que componen el área de estudio en el cantón de Iscayachi, se llegó a las siguientes conclusiones:

a) Las propiedades de los suelos han permitido identificar 3 órdenes de suelos: Entisoles, con poca diferenciación de horizontes superficiales, Inceptisoles con moderado desarrollo pedogenético y Aridisoles por sus características climáticas y altos contenidos de carbonatos de calcio; estos suelos han sido agrupados en las siguientes series:

- Ajeros
- El Pozo
- Papachacra
- San Antonio
- Campanario
- El Cruce
- Agua Rica
- Pueblo Nuevo
- Cementerio
- Chilcayo
- La Capilla
- San Roque
- Tomayapo

b) En base al estudio de suelos se ha realizado la clasificación de tierras según su aptitud para riego que permite clasificar en seis clases de aptitud con sus respectivas subclases.

El cuadro N° 8 presenta la relación de las interpretaciones respectivas para el uso racional y manejo adecuado de los suelos.

c) Las series: Ajeros, El Pozo, Papachacra y San Antonio clasificados en clase 2, resultan ser los suelos más importantes: les siguen en importancia las series.

Campanario, San Antonio y El Cruce de la clase 3 debido a sus características morfológicas.

- d) Las series: Pueblo Nuevo, Cementerio, Chilcayo, La Capilla y San Roque clasificadas en clase 4, éstas tienen serias limitaciones para la aplicación del riego.
- e) En general los suelos estudiados tienen baja a moderada fertilidad, especialmente en nitrógeno y fósforo.
- f) De acuerdo al estudio realizado y la clasificación según su aptitud para riego se tienen 659,25 hectáreas, moderadamente apropiadas para el riego y 767,85 hectáreas poco apropiadas para el riego.
- g) La explotación de los suelos clasificada en la clase 4 estarán sujetos a procesos especiales de laboreo, de nivelación, cultivos en curvas de nivel y otras obras para evitar los procesos de erosión. Por otro lado son muy poco apropiadas para el riego debido a la poca profundidad, pobre capacidad de retención de humedad y baja fertilidad.

## **6.2. RECOMENDACIONES**

- a) Se recomienda hacer un uso sostenible de las clases 2 y 3, por el hecho que no tienen limitaciones de suelo, de fertilidad y/o profundidad, por lo que recomendamos usar para los cultivo de ajo, papa, arveja, haba y manzanilla, pero manteniendo los niveles de fertilidad requerido para cada cultivo.
- b) Los suelos de la clase 4, por sus características físico-químicas y de relieve, se recomienda darle un tipo de manejo muy especial para evitar procesos erosivos y bajos rendimientos de la producción, por lo que el cultivo e incorporación de abonos verdes mas la aplicación de estiércol coadyuvarían de gran manera a poder mejorar su fertilidad.
- c) De manera general la aplicación de fertilizantes previo a la implementación de cualquier cultivo debe ser necesaria, con preferencia los nitrogenados y fosfatados y en menor grado y si así lo requieren los potásicos. También será absolutamente necesario aplicar abonos orgánicos (estiércol descompuesto) en la preparación del suelo o en las siembras.
- d) Se debe tomar muy en cuenta la textura del suelo antes de implantar un cultivo (por ejemplo ajo) por la capacidad de retención de humedad del mismo y el tamaño de raíz de la planta.
- e) Se recomienda periódicamente hacer análisis químico del suelo para determinar el porcentaje de los principales nutrientes, sobre todo en los cultivos de mayor importancia de la zona de estudio.
- f) En las siembras de cultivos tomar muy en cuenta la nivelación de terrenos, esto si la profundidad de los mismos así lo permiten, de lo contrario se debe realizar el surcado en curvas de nivel, para evitar por una parte la erosión del suelo y por otra garantizar la infiltración homogénea del agua de riego.

- g) De acuerdo a los factores de estudio realizados en el presente trabajo, se recomienda hacer el uso de riego, tomando en cuenta la textura, la pendiente y otros, en las clase 2, 3 y 4, de manera que se garantice el mantenimiento de nutrientes y la retención de humedad tomando en cuenta el requerimiento de agua de cada cultivo.