

CAPITULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Clasificación de Suelos

Clasificar es una forma de organizar algo, creando al mismo tiempo un lenguaje común para intercambiar conocimientos. La clasificación es indispensable para crear mapas temáticos, como los mapas de suelos.

Es una herramienta que nos permite identificar mejores usos, estimar su productividad, fomentar la investigación y es un medio de comunicación no solo para especialistas en génesis del suelo, sino para todos los edafólogos quienes a su vez interactúan con otros científicos o gente cuya actividad se relaciona directa o indirectamente con el suelo (Jaramillo, 2013).

1.2 Levantamiento de Suelos

Se entiende por levantamiento de suelos al conjunto de investigaciones necesarias para caracterizar, clasificar, delimitar y representar, en un mapa, los diferentes suelos de una región, para luego interpretar la aptitud que tienen para un uso determinado y predecir su comportamiento y productividad bajo diferentes sistemas de manejo (Forero, 1984).

Otra definición similar escrita en un lenguaje más directo es la de Dent & Young, que nos dice: “El propósito práctico de un levantamiento de suelos es hacer posible predicciones más numerosas, más exactas y más útiles para propósitos específicos que han podido haberse hecho”. Para lograr este propósito, es necesario:

- Determinar el patrón del suelo.
- Dividir ese patrón en unidades relativamente homogéneas.
- Mapear la distribución de esas unidades, así facilitar la predicción de las propiedades del suelo en cualquier área.
- Caracterizar las unidades mapeadas de forma que se puedan realizar interpretaciones útiles acerca de su funcionalidad.

Según, el Centro Interamericano de Fotointerpretación de Colombia (CIAF), propuso 6 niveles de Levantamientos de Suelos, diferenciados entre sí por los objetivos que perseguía cada uno, lo cual genera diferencias en los métodos de trabajo (Malagón, 1986; Elbersen et al, 1986).

CUADRO N° 1

NIVELES DE LEVANTAMIENTO

| ORDEN DEL LEVANTAMIENTO | NOMBRE DEL LEVANTAMIENTO |
|--------------------------------|---------------------------------|
| Primer Orden 1° | Muy detallado |
| Segundo Orden 2° | Detallado |
| Tercer Orden 3° | Semi detallado |
| Cuarto Orden 4° | General |
| Quinto Orden 5° | Preliminar |
| Sexto Orden 6° | Exploratorio |

Fuente: CIAF, 1982

Según el nivel de estudio, el levantamiento edafológico es una investigación científica con un alto grado de intensidad de trabajo de campo; generalmente para fines agropecuarios.

1.3 Sistemas de Clasificación

Los sistemas de clasificación de suelos, consisten básicamente en ubicarlos dentro de un sistema taxonómico que permita agrupar aquéllos cuyas características y propiedades estén variando dentro de un rango de valores permisible para ese grupo, separándolos de aquellos que están en otros grupos. Se ha generado conflictos entre los edafólogos; al no existir un sistema universal aceptado por todos, lo que ha llevado al desarrollo de varios sistemas hasta la actualidad.

1.3.1 Sistemas Antiguos

Las primeras clasificaciones de suelos ya se realizaban en el Imperio Chino hace unos 4000 años antes basándose en color, estructura de suelos; los romanos también clasificaban sus suelos en base a la productividad de un cultivo en específico o en la textura.

A finales del siglo XIX la escuela rusa, encabezada por Dokuchaev, fue la primera en intentar una clasificación de los suelos basada en características visibles. La clasificación tenía tres niveles: suelos zonales, basados en las zonas climáticas, suelos intrazonales, basados en el predominio de un proceso formador particular, y suelos azonales, basados en el material parental.

Sin embargo, clasificar el suelo no es fácil pero es importante hacerlo, no obstante algunos países han desarrollado su propia clasificación, entre ellos: Canadá, EEUU, Rusia, Polonia, Francia, Australia, Japón, China, Brasil y Cuba. Lo cual es resultado de los diferentes suelos que cada uno posee, en función de su geografía, clima, regiones fisiográficas, tipos de vegetación, geología, etc.

1.3.2 Sistemas Modernos

La complejidad de los suelos ha dificultado que se desarrolle una clasificación que contenga y satisfaga completamente el recurso suelo de todos los países, actualmente las clasificaciones más usadas a nivel mundial comprenden: La Leyenda del Mapa de Suelos del Mundo a escala 1:5, 000,000 (1974, 1988).

Otra Clasificación de uso internacional es la Taxonomía de Suelos de los Estados Unidos de Norteamérica (USDA, 1975).

1.3.3 Sistema Americano Soil Taxonomy o Taxonomía de Suelos del USDA.

El Soil Survey Staff del Departamento de agricultura de los EE.UU., en 1951, comenzó un nuevo sistema de clasificación usando aproximaciones sucesivas para determinar la capacidad de un suelo para encajar en categorías predeterminadas.

Este proceso interactivo culminó con la elaboración de un Sistema de Clasificación de Suelos conocido como 7ª Aproximación. En 1965, fue adoptado oficialmente para su uso en el Programa de Levantamientos de Suelos de los EE.UU.

La primera edición de la Taxonomía de Suelos: Un sistema básico para hacer e interpretar Levantamientos de Suelos, fue publicada en 1975. Es el sistema de clasificación de suelos más aceptado y usado a nivel mundial.

1.3.3.1 Características de la Taxonomía del USDA

Éste se caracteriza por ser un sistema científico, porque en ningún momento se aleja de todo los factores de formación que originan los suelos. Es un sistema multicategorico, en el cual los niveles más altos de generalización es el Orden de suelos, hasta el más bajo la Serie de suelos.

En la categoría más alta del sistema el número de clases es reducido como para poder recordarlas en todo momento y comprender las diferencias que existen entre ellas. El grado de heterogeneidad es grande entre los diferentes suelos agrupados, pero a medida que progresivamente bajamos de categoría y nos acercamos a la más baja, las características diferenciales aumentan, y el grado de heterogeneidad disminuye.

1.4 Bases para la Selección de las Propiedades Diagnósticas

Las propiedades diagnósticas, fueron agrupadas en: horizontes diagnósticos superficiales, sub superficiales, otras características del suelo, régimen de humedad y temperatura. A continuación se hace una síntesis del contenido que, acerca de este tópico, presenta el USDA (2006), para los suelos minerales.

1.4.1 Horizontes Diagnósticos Superficiales

El epipedón, es un horizonte que se forma en la superficie del suelo; es el resultado de los diferentes procesos de formación del suelo; ya que aquellos materiales que fueron depositados recientemente en la superficie y que no muestran cierto estado de evolución no pueden ser considerados como epipedones.

La taxonomía de suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), clasifica 7 tipos de epipedones, los cuales se describen a continuación:

1.4.1.1 Epipedón Mólico

Es un horizonte característico de suelos minerales, tiene las siguientes propiedades:

Cuando están secos, tiene una estructura con un diámetro de 30 cm o menos; una clase de resistencia a la ruptura de suave a moderadamente dura.

Color en seco: más oscuro value 5, en húmedo value y croma es menor que 3.

La saturación de bases es mayor al 50 %.

El contenido de carbono orgánico debe ser mayor a 0,6% o 2.5% cuando el horizonte tiene un value en húmedo entre 4 a 5 por presentar carbonatos de calcio equivalentes al 40% o más.

El espesor de este horizonte es de por lo menos 18 cm. Se acepta de 10 cm, en aquellos casos que se encuentra sobre un contacto lítico.

El epipedón tiene menos de 250 ppm de P₂O₅ soluble en 1% de ácido cítrico.

El epipedón está húmedo 3 meses, durante el tiempo en que la temperatura del suelo a una profundidad de 50 cm es de 5 ° C o más.

1.4.1.2 Epipedón Antrópico

Se encuentra generalmente en aquellas regiones muy próximas a los ríos; es un horizonte que llena todos los requisitos del epipedón mólico y se diferencia del mismo porque:

Tiene más de 250 ppm de P₂O₅ soluble en ácido cítrico al 1%. Puede tener o no una saturación de bases igual o mayor al 50 %.

El tiempo que dispone de humedad este epipedón es menor que el mólico.

1.4.1.3 Epipedón Úmbrico

Presenta características muy similares al mólico, en lo que se refiere a color, espesor, materia orgánica, estructura, pero se diferencia por su carácter de ser más ácido que el mólico y presentar una Saturación de Bases menor al 50 %.

1.4.1.4 Epipedón Hístico

Se caracteriza por saturación y reducción por algún tiempo durante años normales y presenta los siguientes requisitos:

Consiste de material de suelo orgánico que:

- Tiene de 20 a 60 cm. de espesor y contiene 75% o más de fibras de sphagnum, o tienen una densidad aparente menor a 0.1 gr/cc.
- Tiene de 20 a 40 cm. de espesor. Tiene un horizonte Ap que cuando baja hasta una profundidad de 25 cm., presenta un contenido de carbono orgánico de: 16% o más si la fracción mineral contiene 60% o más de arcilla. 8% o más si la fracción mineral no contiene arcilla.

1.4.1.5 Epipedón Plageno

Es 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.

Es identificado generalmente, porque contiene diferentes tipos de artefactos que ponen de manifiesto el carácter eminentemente artificial de estos horizontes resultando al final un horizonte superficial muy grueso de color oscuro y altamente humitero de 1 m o más de espesor.

1.4.1.6 Epipedón Melánico

El epipedón melánico tiene ambas de las siguientes características:

- 30 cm de espesor o hasta el límite superior de una capa de suelo con propiedades ándicas.
- En capas con un espesor entre 30 y 40 cm., deben cumplir las siguientes características: propiedades de suelo ándico en todas partes. Un color, con value en húmedo de 2 o menos, un índice de melanización de 1.70 o menos en todas partes, y 6% o más de carbono orgánico como promedio, y 4% en todas las capas.

1.4.1.7 Epipedón Ócrico

Es un horizonte que no cumple los requisitos para los otros 6 epipedones, ya sea por tener un espesor menor a 18 cm., colores muy claros, duros o masivos cuando están secos, materia orgánica menor a 1 %, saturación de bases menor al 50%.

Es importante hacer notar que no todo horizonte de color claro o que no cumpla los requisitos para ser cualquiera de los otros epipedones, puede ser clasificado como ócrico. La taxonomía establece que un epipedón ócrico no debe poseer estructura de roca, sino fundamentalmente estructura de suelo y deben mostrar claras huellas de una incipiente evolución.

1.4.2 Horizontes Diagnósticos Sub Superficiales

Los endopedones son horizontes subsuperficiales que se encuentran por debajo del espesor superficial del suelo aunque en algunos sitios pueden formarse inmediatamente bajo de una capa de hojarasca. Se describen los siguientes a continuación:

1.4.2.1 Horizonte Ágrico

Es un horizonte iluvial que se ha formado bajo cultivo y contiene cantidades significativas de limo, arcilla y humus iluvial. Está directamente abajo del horizonte Ap, tiene un espesor de 10 cm o más y: 5 % o más de canales de lombrices, incluyendo revestimientos con un espesor de 2 mm o más, o de lamelas que tienen un espesor de 5 mm o más y un value, en húmedo, de 4 o menos y un chroma de 2 o menos.

Se cree que este horizonte puede ser común en los altiplanos y zonas montañosas de las áreas tropicales y subtropicales húmedas y frías, sujetos por lo general a procesos de intensos de lixiviación, razón por la cual la saturación de bases suele ser baja menor al 50%.

1.4.2.2 Horizonte Álbico

Es un horizonte eluvial que contiene 85 % o más de materiales álbicos. Por lo general, abajo del horizonte álbico existe un horizonte argílico, cámbico, kándico, nátrico o espódico o un fragipán.

Puede estar entre un epipedón mólico y un horizonte argílico o nátrico o entre un horizonte cámbico y un horizonte argílico, kándico o nátrico o un fragipán. El horizonte álbico puede separar horizontes, los cuales si estuvieran juntos, podrían reunir los requisitos para un epipedón mólico; o separar lamelas que en su conjunto pudieran satisfacer los requisitos de un horizonte argílico. Las lamelas no se consideran como parte del horizonte álbico.

1.4.2.3 Horizonte Anhidrítico

Es un horizonte en el cual la anhidrita se ha acumulado a través de una significativa transformación. Cumple todos los siguientes requisitos: tiene un espesor de 15 cm o más, 5 % o más de anhidrita, un hue de 5Y, un chroma (en húmedo y en seco) de 1 o 2, y un value de 7 u 8. Tiene un producto de su espesor, en cm, multiplicado por el contenido de anhidrita de 150 o más. Tiene anhidrita como mineral predominante de sulfato de calcio y yeso que puede estar ausente o presente en pequeñas cantidades.

1.4.2.4 Horizonte Argílico

Es un horizonte subsuperficial con un porcentaje mayor de arcillas filosilicatadas que el material de suelo subyacente. Muestra evidencias de iluviación de arcilla.

Todos los horizontes argílicos deben cumplir los siguientes requisitos:

Una de las siguientes características:

- Si el horizonte argílico satisface los criterios para las clases de tamaño de partícula francosa-gruesa, francosa-fina, limosa-gruesa, limosa-fina, fina o muy fina o es francosa o arcillosa, incluyendo su contraparte esquelética, deberá tener por lo menos 7.5 cm de espesor o al menos un décimo del espesor de la suma de los espesores de todos los horizontes suprayacentes, cualquiera que sea más grande.

- Si el horizonte argílico satisface los criterios para las clases de tamaño de partícula arenosa o esquelética-arenosa, deberá tener al menos 15 cm de espesor.
- Si el horizonte argílico está compuesto en su totalidad por lamelas, el espesor combinado de las lamelas, cada una con un espesor de 0.5 cm o más, deberá ser de 15 cm o más; y

Evidencias de iluviación de arcilla en al menos una de las siguientes formas:

- Arcilla orientada uniendo granos de arenas; o
- Películas de arcilla revistiendo poros; o
- Películas de arcilla sobre la superficie de los agregados, tanto en forma horizontal como vertical; o
- Secciones delgadas con cuerpos de arcilla orientada que constituyen más de 1 por ciento de la sección; o
- Si el coeficiente de extensibilidad lineal es 0.04 o más alto y el suelo tiene estaciones húmedas y secas contrastante, entonces la relación arcilla fina con la arcilla total en el horizonte iluvial será 1.2 veces o más alta que la relación en el horizonte eluvial; y

Si se conserva el horizonte eluvial y no existe una discontinuidad litológica entre él y el horizonte iluvial y no hay una capa arable directamente encima de la capa iluvial, entonces, el horizonte iluvial deberá contener más arcilla total que el horizonte eluvial dentro de una distancia vertical de 30 cm o menos como sigue:

- Si en cualquier parte del horizonte eluvial tiene menos de 15 por ciento de arcilla en la fracción de tierra-fina, el horizonte argílico deberá contener al menos 3 por ciento más arcilla; o
- Si el horizonte eluvial tiene de 15 a 40 por ciento de arcilla total en la fracción de tierra-fina, el horizonte argílico deberá tener al menos 1.2 veces más arcilla que el horizonte eluvial; o
- Si el horizonte eluvial tiene 40 por ciento o más de arcilla total en la fracción de tierra-fina, el horizonte argílico deberá contener al menos 8 por ciento más arcilla.

1.4.2.5 Horizonte Cálcico

Es un horizonte de acumulación de carbonatos de Ca o de Ca y Mg que se presenta en el horizonte C, pero también puede desarrollarse en cualquier otro horizonte superficial o sub superficial.

Es de 15 cm o más de espesor. Tiene una o más de las siguientes características:

- 15 por ciento o más de CaCO_3 equivalente y 5 por ciento o más, más alto que el horizonte subyacente; o
- 15 por ciento o más de CaCO_3 equivalente y 5 por ciento o más, de carbonatos secundarios identificables; o
- 5 por ciento o más de carbonato de calcio equivalente y tiene menos de 18 por ciento de arcilla en la fracción de tierra-fina; y
- Cumple los criterios para una clase de tamaño de partícula arenosa, esquelética-arenosa, francosa-gruesa o esquelética-francosa.
- No está cementado o endurecido en ninguna parte por carbonato.

1.4.2.6 Horizonte Cámbico

Es un horizonte alterado de 15 cm o más de espesor. Además, el horizonte cámbico debe satisfacer todas las siguientes características:

Tiene una clase textural de arena muy fina, arena francosa muy fina o más fina.

Muestra evidencias de alteración en una de las siguientes formas:

- Condiciones ácuicas dentro de los 50 cm de la superficie del suelo y todas las siguientes características: Estructura de suelo o ausencia de estructura de roca, incluyendo estratificaciones finas (5 mm), en más de la mitad del volumen; y colores dominantes en húmedo que no cambian al exponerlos al aire, o
- No tiene la combinación de condiciones ácuicas; y presenta una o más de las siguientes propiedades: Mayor chroma o value, hue rojizo o mayores contenidos de arcilla que el horizonte subyacente o suprayacente o evidencias de remoción de carbonatos o de yeso.

1.4.2.7 Horizonte Petrocálcico

Es un horizonte iluvial en el cual el carbonato de calcio secundario u otros carbonatos se han acumulado a tal grado que el horizonte está cementado o endurecido.

Deberá satisfacer los siguientes requisitos: el horizonte está cementado o endurecido por carbonato, con o sin sílice u otros agentes cementantes; debido a su continuidad lateral, las raíces pueden penetrar sólo a lo largo de fracturas verticales con un espaciamiento horizontal de 10 cm o más; y el horizonte tiene un espesor de: 10 cm o más.

1.4.2.8 Horizonte Espódico

Para que un horizonte pueda ser clasificado como espódico debe tener: un sub horizonte de más de 2,5 cm de espesor, cementados en forma continua por una combinación de materia orgánica y hierro y/o aluminio o de estos tres componentes; su distribución del tamaño de partículas pertenece a la clase arenosa o francosa gruesa y los granos de arena se presentan cubiertos por revestimientos agrietados.

1.4.2.9 Horizonte Gípsico (o Yesífero)

Es un horizonte en el cual el yeso se ha acumulado o transformado de manera significativa. Cumple todos los requisitos siguientes:

Un espesor de 15 cm o más; y no está cementado por yeso. Si está cementado, las partes cementadas tienen un espesor menor de 5 mm o está cementado pero debido a la discontinuidad lateral, las raíces pueden penetrar a lo largo de fracturas verticales con espaciamientos horizontales de menos de 10 cm; tiene 5 por ciento o más de yeso y tiene 1 por ciento o más de yeso secundario visible, que puede acumularse o transformarse; y tiene un valor del producto del espesor, en cm, por el contenido de yeso de 150 o más.

1.4.2.10 Horizonte Petrogípsico

Es un horizonte en el cual el yeso secundario visible se ha acumulado o transformado. Está cementado y la cementación es tanto lateralmente continúa como limitante para las raíces, aun cuando el suelo este húmedo. Cumple todos los siguientes requisitos:

está cementado o endurecido por yeso; debido a su continuidad lateral, las raíces pueden penetrar sólo a lo largo de fracturas verticales con un espaciamiento horizontal de 10 cm o más, tiene 5 mm o más de espesor y tiene 40 por ciento o más de yeso.

1.4.2.11 Horizonte Plácico

El horizonte plácico es un pan (o capa) delgado, negro o rojizo oscuro que está cementado por hierro y materia orgánica.

Debe satisfacer los siguientes requisitos: estar cementado o endurecido con hierro o hierro y manganeso; materia orgánica, con o sin otros agentes cementantes; y debido a su continuidad lateral, las raíces pueden penetrar sólo a lo largo de fracturas verticales con un espaciamiento horizontal de 10 cm o más; el horizonte tiene un espesor mínimo de 1 mm y cuando está asociado con materiales espódicos es menor de 25 mm de espesor.

1.4.2.12 Horizonte Óxico

Es un horizonte subsuperficial que no tiene propiedades ándicas de suelo y tiene todas las siguientes características:

Un espesor de 30 cm o más, una textura franco arenosa o más fina en la fracción de tierra-fina; y menos de 10 por ciento de minerales intemperizables; estructura de roca y dentro de una distancia vertical de 15 cm o más a partir del límite superior, un incremento de arcilla con el incremento de la profundidad.

Tiene una CIC aparente de 16 cmol o menos por kg de arcilla y una CICE aparente de 12 cmol o menos por kg de arcilla.

1.4.2.13 Horizonte Sómbrico

Es un horizonte sub superficial en suelos minerales que se ha formado bajo condiciones de drenaje libre. Contiene humus iluvial que ni está asociado con el aluminio como sucede en el horizonte espódico, ni está disperso por el sodio como en el horizonte nátrico. No tiene una CIC alta en su arcilla como ocurre en el horizonte

espódico y tampoco tiene una saturación de bases alta como sucede en el horizonte nátrico.

Se considera, que los horizontes sómbricos están restringidos a suelos de áreas frías, húmedas, de planicies elevadas y de montañas de regiones tropicales o subtropicales.

1.4.2.14 Horizonte Sálico

Es un horizonte de acumulación de sales más solubles que el yeso en agua fría.

Un horizonte sálico tiene 15 cm o más de espesor y tiene por 90 días consecutivos o más en años normales: Una conductividad eléctrica (CE) igual o mayor de 30 dS/m en el extracto de agua de la pasta de saturación; y un producto de la CE, en dS/m, por el espesor, en cm, igual a 900 o mayor.

1.4.2.15 Horizonte Nátrico

Es un horizonte iluvial tiene un porcentaje significativamente más alto de arcilla silicatada que los horizontes supra yacentes.

Satisface uno de los siguientes requisitos de espesor: Si es de textura francosa-gruesa, francosa-fina, limosa-gruesa, limosa-fina, fina o muy fina o es francosa o arcillosa, debe tener al menos 7.5 cm de espesor; o si la textura es arenosa o esquelética-arenosa, debe tener al menos 15 cm de espesor; o si el horizonte está compuesto completamente por lamelas, el espesor combinado de las lamelas de 0.5 cm o más de espesor individual, debe ser de 15 cm o más.

Tiene evidencias de iluviación de arcilla, en al menos una de las siguientes formas: Arcilla orientada uniendo granos de arenas; o películas de arcilla revistiendo poros; o películas de arcilla sobre la superficie de los pedos; o si el COEL es 0.04 o más alto y el suelo tiene estaciones húmedas y secas contrastantes.

Tiene estructura columnar o prismática en alguna parte, las cuales se pueden romper en una estructura blocosa.

Tiene ya sea: Un porcentaje de sodio intercambiable (PSI) de 15 por ciento o más o una relación de adsorción de sodio (RAS), de 13 o más, en uno o más horizontes dentro de los 40 cm de su límite superior; o mayor contenido de magnesio y sodio

intercambiables que de calcio y acidez intercambiables en uno o más horizontes dentro de los 40 cm de su límite superior, si la PSI es 15 o más (o el RAS es de 13 o más) en uno o más horizontes dentro de los 200 cm de la superficie del suelo mineral.

1.4.2.16 Duripán

Es un horizonte cementado con sílice con o sin agentes cementantes auxiliares. Puede ocurrir en conjunción con un horizonte petrocálcico, debe reunir todos los requisitos siguientes:

El pan está cementado o endurecido en más de 50 por ciento del volumen de algún horizonte; y muestra evidencias de acumulación de ópalo u otras formas de sílice, formando puentes entre granos de tamaño de arena o revistiendo fragmentos de rocas y menos de 50 por ciento del volumen de fragmentos secados al aire se desmoronan en HCl 1N; debido a su continuidad lateral, las raíces sólo penetran al pan a lo largo de fracturas verticales que tienen un espaciamiento horizontal de 10 cm o más.

1.4.2.17 Fragipán

Debe tener todas las siguientes características: La capa tiene 15 cm o más de espesor; y muestra evidencias de pedogénesis dentro del horizonte; la capa tiene una estructura prismática gruesa, columnar o de bloques de cualquier grado y una estructura débil de cualquier tamaño o es masiva. Fragmentos secados al aire, de 5 a 10 cm de diámetro, se desmoronan en más de 50 por ciento de la capa cuando son sumergidos en agua, una clase de resistencia a la ruptura de firme a muy firme, una fractura quebradiza en o cerca de la capacidad de campo y virtualmente no tiene raíces.

1.4.3 Otras Características Diagnósticas

1.4.3.1 Cambio Textural Abrupto

Es un tipo específico de cambio que puede ocurrir entre un epipedón ócrico o un horizonte álbico y un horizonte argílico. Se caracteriza por un incremento considerable en el contenido de arcilla dentro de una distancia vertical muy corta en

la zona de contacto. No existe un horizonte de transición o es muy delgado para poder muestrearlo. El límite superior de tales horizontes es irregular o más aún discontinuo.

1.4.3.2 Materiales Álbicos

Son materiales de suelo cuyo color está determinado por el color de las partículas primarias de arena y limo, implica que la arcilla y/o los óxidos de hierro libres han sido removidos o que los óxidos han sido segregados a tal grado que el color de los materiales está determinado por el color de las partículas primarias.

1.4.3.3 Coeficiente de Extensibilidad Lineal (COEL)

El coeficiente de extensibilidad lineal (COEL) es la relación de la diferencia entre la longitud en húmedo y la longitud en seco de un terrón respecto a su longitud en seco.

Esto es $(L_h - L_s)/L_s$, donde L_h es la longitud a una tensión de 33 kPa y L_s es la longitud en seco.

1.4.3.4 Durinoides

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 durinodulos no se destruyen en forma considerable en agua, pero una inmersión prolongada puede llegar a la desintegración.

1.4.3.5 Extensibilidad Lineal (EL)

La extensibilidad lineal (EL) ayuda a predecir el potencial de expansión y contracción de un suelo. La EL de una capa de suelo es el producto del espesor, en cm, multiplicado por el COEL de la capa en cuestión, es la suma de esos productos para todos los horizontes. La extensibilidad lineal es un criterio para la mayoría de los subgrupos Vertic en esta taxonomía.

1.4.3.6 Discontinuidades Litológicas

Son cambios significativos en la distribución del tamaño de partícula o en la mineralogía que representan diferencias en la litología dentro de un suelo. Una discontinuidad litológica también puede denotar una diferencia de edades.

1.4.3.7 Contacto Lítico

Es un límite entre el suelo y un material subyacente.

El material subyacente debe ser lo suficientemente coherente para que sea prácticamente imposible excavarlo naturalmente con una pala. Los contactos líticos solamente son diagnósticos a nivel de subgrupo si se encuentran dentro de los 50 cm. superficiales de un suelo mineral.

1.4.3.8 Contacto Litoide

Se diferencia del contacto lítico, porque si se trata de un solo mineral el material subyacente tiene una dureza menor a 3 en la escala de Mohs.

1.4.3.9 Plintita

Es una mezcla de arcilla, cuarzo y otros diluyentes, rica en hierro y pobre en humus. Se presenta como moteos de color rojo oscuro, normalmente en diseños laminares, poligonales o reticulados, Cuando se somete repetidamente a procesos de humedecimiento y secado se llega a endurecer en forma irreversible dando origen a una capa endurecido que corrientemente se llama contacto petroférico.

1.4.3.10 Contacto Petroférico:

La taxonomía de suelos define como "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 solo en pequeñas cantidades. El contacto petroférico se diferencia del horizonte plácico y de un horizonte espódico endurecido por su bajo contenido de materia orgánica, ya que en tales horizontes por el contrario suele ser apreciable".

1.4.3.11 Propiedades Ándicas de Suelo

Se forman comúnmente durante el intemperismo de materiales parentales que contienen cantidades significativas de vidrio volcánico. Suelos que están en climas fríos húmedos con abundante carbono orgánico, pueden desarrollar propiedades ándicas sin la influencia del vidrio volcánico. Las cantidades relativas son inferidas a

partir de análisis de laboratorio; pueden usar la untuosidad o el pH en fluoruro de sodio (NaF) 1 N, como indicadores de campo de las propiedades ándicas de suelo.

Los materiales de suelo con propiedades ándicas deben tener: menos de 25 por ciento de carbono orgánico y una o ambas de las siguientes características:

Una densidad aparente de 0.90 g/cm³; y un contenido de Al + Fe igual a 2.0 por ciento o más.

1.4.3.12 Lamelas

Es un horizonte iluvial menor de 7.5 cm de espesor. Cada lamela contiene una acumulación de arcilla silicatada orientada sobre o uniendo granos de arena y limo. Se requiere que cada lamela tenga más arcilla silicatada que el horizonte eluvial suprayacente.

1.4.3.13 Caras de Deslizamiento o Superficies de Fricción

Son superficies pulidas y tienen dimensiones que exceden a 5 cm. Se producen cuando una masa de suelo se desliza sobre otra. Algunas caras de deslizamiento ocurren en el límite inferior de una superficie resbaladiza donde la masa de suelo se mueve hacia abajo sobre una pendiente relativamente fuerte. Las caras de deslizamiento resultan directamente de la expansión de minerales arcillosos y del corte de la falla. Son muy comunes en arcillas expandibles que sufren cambios marcados con el contenido de humedad.

1.4.4 Régimen de Humedad y Temperatura

En el suelo, el clima se define con dos conceptos fundamentales: régimen de temperatura y de humedad; estos parámetros son de gran importancia porque establecen las condiciones climáticas en la zona de desarrollo radicular de la planta y, por tanto, las condiciones para que haya un buen funcionamiento, una nutrición adecuada de la planta y una buena actividad biológica.

1.4.4.1 Sección de Control

Es aquel espesor de suelo en el cual se controla la humedad. Se puede estimar a partir de la textura:

Para suelos de textura fina, la sección de control se encuentra, entre los 10 y 30 cm de profundidad, en suelos de textura intermedia, se extiende entre los 20 y 60 cm. En cambio para los de textura gruesa como los arenosos, se ubica entre los 30 y 90 cm.

1.4.4.2 Régimen de Humedad

Se refiere a la presencia o ausencia ya sea de agua subterránea o agua retenida a una tensión menor de 1500 kPa en el suelo o en horizontes específicos durante periodos del año. Es sumamente importante ya que el clima actual determina el uso y manejo de los suelos (FAO, 2009).

1.4.4.2.1 Régimen de Humedad Ácuico

Este régimen de humedad ácuico es muy característico de zonas en las cuales existe gran presencia de agua y por lo tanto en los suelos se manifiestan síntomas de reducción del hierro, dando como resultado coloraciones grises, azules y verdosas. Para que los suelos puedan ser clasificados en las categorías superiores como acuicos, es necesario que todo el suelo éste saturado con agua y los colores indicativos del mal drenaje se encuentren en los primeros 30 cm superficiales del mismo.

Si la temperatura del suelo es menor a 1°C el régimen d humedad no se considera acuico.

1.4.4.2.2 Régimen de Humedad Paráquico

Comúnmente, el nivel del agua subterránea fluctúa con las estaciones. Sin embargo, existen suelos en los que el nivel del agua subterránea está siempre muy cerca de la superficie del suelo.

1.4.4.2.3 Regímenes de Humedad Arídico y Tórrico

Estos términos son usados para el mismo régimen de humedad del suelo, pero en categorías diferentes dentro la Taxonomía de suelos.

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

Presentan las siguientes características en su sección de control de humedad:

- Esta seca en todas sus partes más de la mitad del tiempo acumulativo que la temperatura del suelo a una profundidad de 50 cm permanece por encima de 5°C y porque nunca esta húmeda en alguna o en todas sus partes por 90 días consecutivos cuando la temperatura del suelo a 50 cm de profundidad es mayor a 8°C.

1.4.4.2.4 Régimen de Humedad Údico

Es uno en el que la sección de control de humedad del suelo no está seca en ninguna parte por al menos 90 días cumulativos en años normales. Cuando la temperatura media anual del suelo sea menor de 22°C y cuando la media de invierno y media de verano a una profundidad de 50 cm de la superficie del suelo difieran por 6°C o más, la sección de control de humedad en años normales es seca en todas las partes por menos de 45 días consecutivos en los 4 meses siguientes al solsticio de verano.

El régimen de humedad údico es común en los suelos de climas húmedos que: tienen una precipitación bien distribuida.

1.4.4.2.5 Régimen de Humedad Perúdicico

En climas donde la precipitación excede la evapotranspiración en todos los meses de años normales, aunque existen ocasionalmente periodos breves cuando la humedad almacenada es utilizada. El agua se mueve en el suelo en todos los meses cuando no está congelada. Es el tipo de régimen de humedad del suelo extremadamente húmedo.

1.4.4.2.6 Régimen de Humedad Ústico

Este régimen de humedad es un intermedio entre el aridico y el Udico.

Si la temperatura media anual del suelo es 22°C o mayor, o si las temperaturas del suelo medias de verano e invierno difieren por menos de 6°C a una profundidad de 50 cm por debajo de la superficie del suelo, la sección de control de humedad del suelo en áreas del régimen de humedad ústico es seca en algunas partes o todas por 90 o

más días cumulativos en años normales. Sin embargo, es húmedo en alguna parte ya sea por 180 días cumulativos por año o por 90 o más días consecutivos.

Si la temperatura media anual del suelo es menor de 22°C y si las temperaturas medias del suelo de verano e invierno difieren por 6°C o más a una profundidad de 50 cm de la superficie del suelo, la sección de control de humedad del suelo en áreas del régimen de humedad ústico es seca en algunas o todas partes por 90 o más días cumulativos en años normales, pero no está seco en todas partes por más de la mitad de los días cumulativos cuando la temperatura del suelo a una profundidad de 50 cm es más alta que 5°C.

Si en años normales la sección de control de humedad es húmeda en todas las partes por 45 o más días consecutivos en los 4 meses siguiendo el solsticio de invierno, la sección de control de humedad es seca en todas partes por menos de 45 días consecutivos en los 4 meses siguiendo el solsticio de verano. En regiones tropicales y sub-tropicales que tienen un clima monzónico con una o dos estaciones secas, las estaciones de verano e invierno tienen poco significado.

En ese tipo de regiones, el régimen de humedad es ústico, si existe al menos una estación lluviosa de tres meses o más. En regiones templadas de climas sub-húmedos o semi-áridos, las estaciones lluviosas son comúnmente primavera y verano o primavera y otoño, pero nunca invierno.

1.4.4.2.7 Régimen de Humedad Xérico

Es el típico régimen de humedad en áreas de climas Mediterráneos, donde los inviernos son húmedos - frescos y los veranos calientes y secos. La humedad, que cae durante invierno cuando la evapotranspiración es mínima. La sección de control de humedad del suelo en años normales es seca en todas partes por 45 o más días consecutivos en los 4 meses siguiendo el solsticio de verano y húmedo en todas partes por 45 o más días consecutivos en los 4 meses siguiendo el solsticio de invierno. La temperatura media anual del suelo es menor de 22°C, y las temperaturas medias de verano e invierno difieren por 6°C o más.

1.4.4.3 Régimen 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 y también ejerce su acción sobre varios aspectos entre los cuales tenemos:

La temperatura controla la posibilidad de crecimiento de las plantas.

Determina y regula el grado de acción con los cuales se manifiestan los diferentes procesos de formación.

La temperatura junto con la precipitación en algunos casos se puede considerar como los principales procesos de formación de los suelos.

Cuando los suelos presentan temperaturas medias anuales menores a 5°C, la región se convierte prácticamente en inerte por presentar esta barrera termal.

1.4.4.3.1 Pergélico

Los suelos con un régimen de temperatura pergélico tienen una temperatura media anual inferior de 0°C. Estos son suelos que tienen permafrost (capa de hielo) en caso de que estén húmedos, o escarcha seca en caso de que no haya excesos de agua.

1.4.4.3.2 Cryico

Los suelos en este régimen de temperatura tienen una temperatura media anual inferior de 8°C pero no tienen permafrost.

1.4.4.3.3 Frígido

Un suelo con régimen de temperatura frígido es más caliente en verano que un suelo con régimen cryico. Sin embargo, su temperatura media anual es inferior de 8°C y la diferencia de temperaturas de suelo entre la media de verano y la media de invierno es mayor de 6°C.

1.4.4.3.4 Isofrígido

La temperatura media anual del suelo es menor de 8°C y la temperatura del suelo entre la media de verano y la media de invierno difiere por menos de 6°C a una profundidad de 50 cm.

1.4.4.3.5 Mésico

La temperatura media anual del suelo es 8°C o mayor pero menor de 15°C, y la diferencia entre las temperaturas del suelo entre la media de verano y la de invierno es mayor de 6°C a una profundidad de 50 cm o a un contacto dénsico, lítico o paralítico, cualquiera que sea más somera.

1.4.4.3.6 Isomésico

La temperatura media anual del suelo es 8°C o mayor pero menor de 15°C, y la diferencia entre las temperaturas del suelo entre la media de verano y la de invierno es menor a 6°C a una profundidad de 50 cm o a un contacto dénsico, lítico o paralítico, cualquiera que sea más somera.

1.4.4.3.7 Térmico

La temperatura media anual del suelo es 15°C o mayor pero menor de 22°C, y la diferencia entre las temperaturas del suelo entre la media de verano y la de invierno es mayor de 6°C a una profundidad de 50 cm o a un contacto dénsico, lítico o paralítico, cualquiera que sea más somera.

1.4.4.3.8 Isotérmico

La temperatura media anual del suelo es 15°C o mayor pero menor de 22°C, y la diferencia entre las temperaturas del suelo entre la media de verano y la de invierno es menor de 6°C a una profundidad de 50 cm o a un contacto dénsico, lítico o paralítico, cualquiera más superficial.

1.4.4.3.9 Hipertérmico

La temperatura media anual del suelo es 22°C o mayor, y la diferencia entre las temperaturas del suelo entre la media de verano y la de invierno es mayor de 6°C a

una profundidad de 50 cm o a un contacto dénsico, lítico o paralítico, cualquiera que sea más somera.

1.4.4.3.10 Isohipertérmico

La temperatura media anual del suelo es 22°C o mayor, y la diferencia entre las temperaturas del suelo entre la media de verano y la de invierno es menor de 6°C a una profundidad de 50 cm o a un contacto dénsico, lítico o paralítico, cualquiera que sea más somera.

1.5 Categorías del Sistema de Clasificación Taxonómico del USDA

1.5.1 Las Clases

Como se mencionó en párrafos anteriores, el sistema de clasificación de suelos debía ser un sistema multicatórico, que permitiera clasificar un suelo con diferentes niveles de detalle, de modo que hubiera una correspondencia entre la escala de los levantamientos de suelos y la generalización taxonómica que se utilizara en ellos.

Con este criterio, el sistema fue diseñado con 6 categorías: Orden, Suborden, Gran grupo, Subgrupo, Familia y Serie

El sentido descendente de las categorías exige un conocimiento más detallado del suelo para poderlo clasificar. Es decir, en ese sentido aumenta el trabajo de campo, aumenta la cantidad de análisis de laboratorio y aumenta la cantidad de características y propiedades que hay que evaluar en el suelo; todo lo anterior, permite obtener un mejor conocimiento del suelo que se está clasificando, pero también incrementa el esfuerzo, el tiempo y el costo para hacerlo.

1.5.2 Nomenclatura

Todas las reglas y normas para la formación y uso de los nombres que identifican cada taxón en el sistema, se encuentran descritas detalladamente en la Taxonomía de suelos del USDA (2006), documento del cual se resume este aparte.

1.5.2.1 Características

Los nombres que se diseñaron para identificar los diferentes taxa definidos en el sistema tienen algunas propiedades especiales:

- Son nombres cortos.
- Son nombres de fácil pronunciación.
- Están derivados de raíces latinas y griegas, en su gran mayoría.
- Con el nombre del taxón se puede establecer el nivel categórico en el cual está clasificado el suelo.

1.6 Unidades de Mapeo

Las unidades de mapeo utilizadas en los levantamientos edafológicos, pueden estar compuestas por una sola taxa, o varias; también dependen del patrón de distribución de los suelos en las diferentes unidades fisiográficas, caracterizando los suelos dominantes y las diferentes inclusiones de otros suelos.

Para este efecto es muy importante analizar las características de los suelos desde el punto de vista del uso y manejo, de tal forma que, cuando un determinado suelo, tiene ligeras diferencias con aquellos que van a formar una misma unidad, se dice que son suelos similares; pero cuando las diferencias son bastantes contrastantes, desde el punto de vista del uso, se trata de suelos disimilares.

En este sentido un mapa de suelos, se constituye en una representación gráfica, de unidades de mapeo que tienen relación geográfica y de uso.

1.6.1 Consociación

La consociación como unidad de mapeo es bastante homogénea, ya que solamente permite la inclusión de otros suelos en porcentajes muy reducidos. De esta manera una consociación permite la inclusión de suelos disimilares limitantes en una proporción menor al 15 %, pero cuando las inclusiones disimilares son, no limitantes, la proporción puede llegar hasta el 25 %, si las inclusiones son de un solo suelo disimilar limitante, el porcentaje no debe ser mayor al 10%.

1.6.2 Complejos y Asociaciones

Estas dos unidades de mapeo se caracterizan porque presentan dos o más tipos de suelos dominantes disimilares, con la diferencia que, en un complejo los suelos no pueden ser separados a una escala menor de 1:15000; en cambio en la asociación los componentes pueden ser separados, a escalas menores de 1:15000.

Estas unidades de mapeo aceptan inclusiones en las mismas proporciones y condiciones definidas para una consociación.

1.6.3 Grupos Indiferenciados o Disociaciones

Los grupos indiferenciados se caracterizan porque presentan dos o más tipos de suelos, pueden estar o no asociados geográficamente, pero que tienen una característica común, como puede ser la presencia de inundaciones frecuentes, pedregosidad, la pendiente, temperaturas bajas u otro factor, que hace comportarse de la misma forma a los diferentes suelos. De esta forma se los representa en una misma unidad, en el mapeo de suelos.

1.6.4 Inasociaciones

La Inasociación es una unidad de mapeo, con dos o más suelos diferentes asociados geográficamente, pero con un patrón de distribución no regular, de tal forma que no permiten su identificación constantemente. Pero cuando al final del mapeo, se entiende el patrón de distribución de los mismos, esta unidad, puede convertirse en una asociación o complejo, o definitivamente quedar como una Inasociación.

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDIO

2.1.1 Localización y extensión

El Centro Experimental Coimata, área de estudio, perteneciente a la institución SEDAG de Tarija (Fig. 1) se ubica en la comunidad de Coimata, Provincia Méndez del departamento de Tarija; sus coordenadas geográficas son:

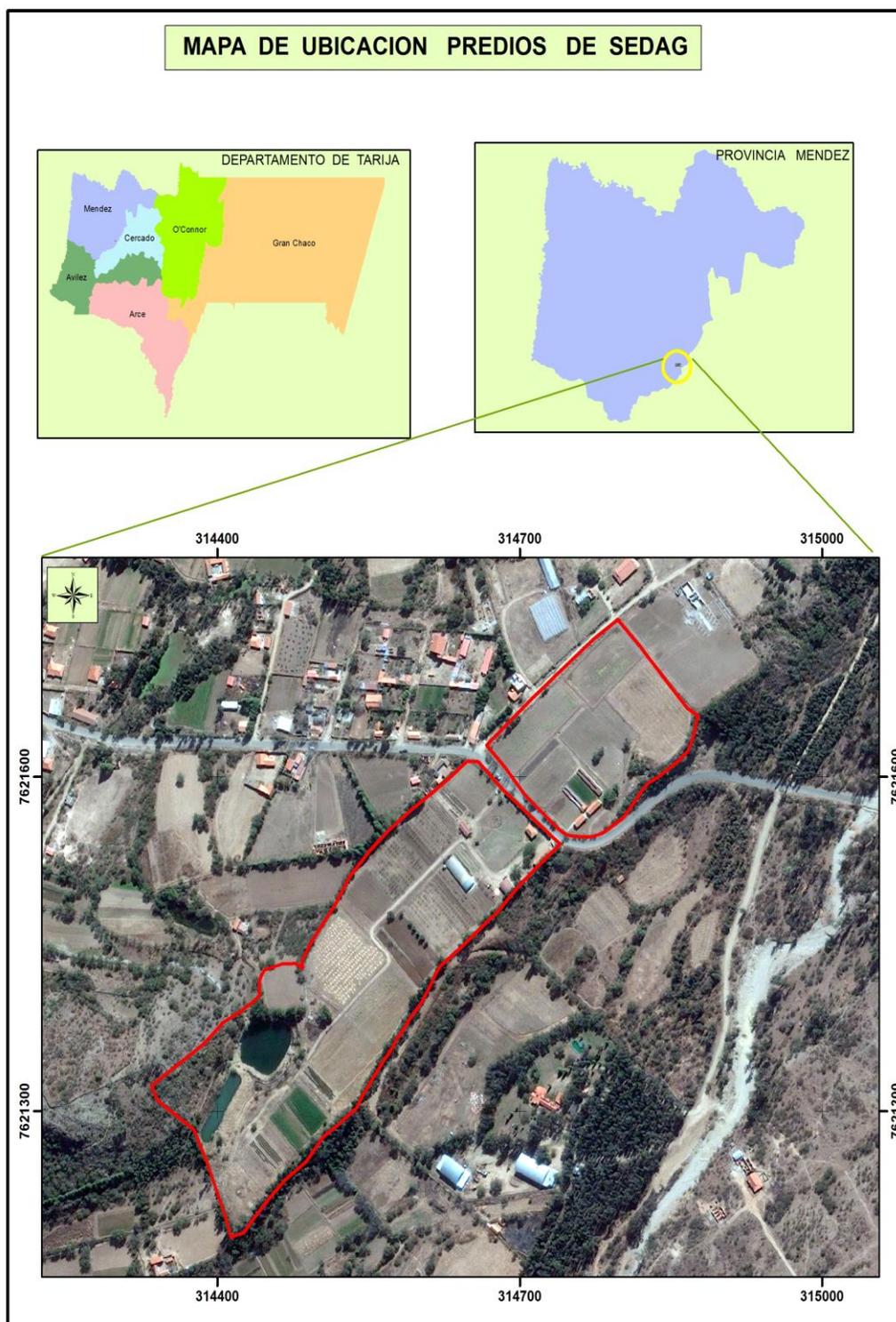
21°29'58.96'' de Latitud Sud

64°47'22.31'' Longitud Oeste

Con una altitud de 2027 m.s.n.m.

El área estudiada abarca aproximadamente una superficie de 8,2 hectáreas.

Figura 1 Mapa de ubicación Del Centro Experimental Coimata



2.1.2 Geología y Geomorfología

Según la Carta Geológica de Bolivia (Hoja SF 20-5 Tarija), las estructuras geológicas de la zona en estudio está conformadas por antiguas terrazas de depósitos Fluvio lacustres del Cuaternario conformado por arenas, limos y arcillas, en algunas partes existe la presencia de fragmentos pedregosos.

Presenta la unidad geomorfológica Terraza aluvial, se caracterizan por tener un relieve plano o casi plano, con material reciente de granulometría media a fina; arcillas iluviales.

2.1.3 Suelos

En el presente estudio de suelos, el patrón de ocurrencia de los mismos se muestra en el mapa final de suelos, el cual se define como un grupo de unidades de mapeo, cuyo contenido pedológico, se caracteriza y describe mediante unidades taxonómicas.

La unidad de mapeo consiste básicamente de uno o más componentes dominantes, los cuales identifican el nombre de la unidad de mapeo.

En los estudios de suelos, las unidades de mapeo pueden ser monotáxicas o politáxicas. Al definir las unidades de mapeo, es necesario tener en cuenta los efectos de las características de los componentes en el manejo del suelo y analizarlo desde el punto de vista práctico.

En ese sentido el presente estudio de suelos contiene información que puede ser utilizada con la finalidad de planificar las actividades de mejoramiento de los mismos.

2.1.4 Unidades de Mapeo utilizadas

La clase de unidad de mapeo a utilizar, además de depender del patrón fisiográfico de distribución de los suelos, está muy relacionada con el análisis de los componentes de la delimitación a presentar, tanto de los componentes dominantes como de los componentes no dominantes o inclusiones.

En el Estudio de suelos a nivel predial de la Estación Experimental Coimata dependiente del SEDAG se utilizó la unidad de mapeo: Consociación.

2.1.5 Clima

La zona de estudio cuenta con una Estación Meteorológica y el registro de sus propios datos climáticos; registrados por el SENHAMI.

Los factores meteorológicos de mayor importancia se muestran a continuación:

2.1.5.1 Precipitación

El clima de la zona se caracteriza por tener una precipitación media anual de 703.5 mm/año, mayormente concentrada en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, siendo el mes más lluvioso enero con 155.8 mm y el mes más seco junio con 0.5 mm de precipitación.

2.1.5.2 Temperatura

La temperatura media anual es de 17.2°C; los meses más calientes son diciembre y enero con 19.8°C de temperatura media y el mes más frío es julio con 13.4°C.

La diferencia de temperatura entre la media de verano (19.6°C) menos la media de invierno (13.9°C), es de 5.6°C.

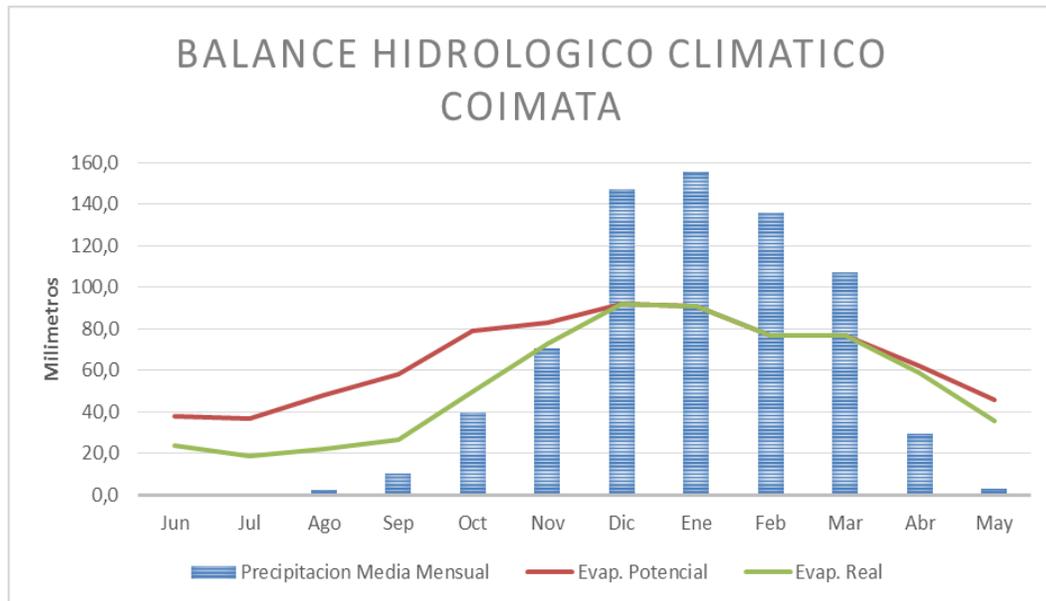
2.1.5.3 Balance Hídrico

El balance hidrológico climático para el área de estudio se muestra a continuación:

CUADRO 2 RESULTADOS DEL BALANCE HIDROLÓGICO CLIMÁTICO COIMATA

| | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr | May |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|
| Precipitacion (mm) | 0,5 | 0,7 | 2,7 | 10,6 | 39,6 | 70,5 | 147,2 | 156 | 136 | 107,4 | 29,6 | 2,9 |
| Temperatura (°C) | 13,5 | 13,4 | 15 | 16,5 | 18,8 | 19,2 | 19,8 | 19,8 | 19,4 | 18,9 | 17,4 | 14,9 |
| Evapotrans. Potencial (mm) | 38 | 37 | 48 | 58 | 79 | 83 | 92 | 91 | 77 | 77 | 62 | 46 |
| Prec. - Evapotranspiracion | -37 | -36 | -45 | -47 | -39 | -12 | 55 | 65 | 59 | 30 | -32 | -43 |
| Almacenaje | 114 | 95 | 76 | 60 | 49 | 46 | 101 | 166 | 200 | 200 | 170 | 137 |
| Δ Almacenaje | -23 | -19 | -19 | -16 | -11 | -3 | 55 | 65 | 34 | 0 | -30 | -33 |
| Evapotrans. Real (mm) | 24 | 19 | 22 | 27 | 50 | 73 | 92 | 91 | 77 | 77 | 59 | 36 |
| Deficiencia | 14 | 17 | 26 | 31 | 28 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 10 |
| Exceso | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 30 | 0 | 0 |
| K=Etr/Etp | 0,63 | 0,51 | 0,46 | 0,47 | 0,63 | 0,88 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,95 | 0,78 |
| % satisfaccion | 63 | 51 | 46 | 47 | 63 | 88 | 100 | 100 | 100 | 100 | 95 | 78 |

$K \leq 0,6$ significa que el suelo está seco; la planta y el suelo no satisface a la atmósfera ni el 60% de lo requerido

Figura 2 Balance hidrológico climático**Estación Coimata (1980 - 2016)**

Fuente: Elaboración propia

Del balance se deduce que la evapotranspiración potencial indica el uso consultivo de la vegetación de la zona y la evapotranspiración real es la que existe en el ambiente; por tanto, se puede apreciar que los meses de diciembre, enero, febrero y marzo las precipitaciones satisfacen al cien por ciento; y existe una deficiencia en los meses de julio, agosto y septiembre tomando como parámetro el índice $k \leq 0,6$ que nos indica que el suelo está seco; la planta y el suelo no satisface a la atmósfera ni el 60% de lo requerido.

En función al clima de la zona se estima el Régimen de Temperatura del suelo Térmico y de Humedad Ústico según la taxonomía de suelos (USDA, 2006).

2.1 6 Vegetación

La vegetación es similar al del Valle de Tarija con vegetación nativa en las partes bajas; se encuentra asociada de otras especies nativas de la zona como ser pastizales naturales.

2.1.6.1 Vegetación nativa

| Nombre común | Familia | Nombre científico |
|--------------|---------------|------------------------------|
| Molle | Anacardiaceae | Schinus molle L. |
| Churqui | Leguminosae | Acacia caven Molina |
| Jarca | Leguminosae | Acacia visco Lor. Ap. Griseb |
| Álamo | Salicaceae | Populus sp |
| Ceibo | Leguminosae | Eritrina sp |

2.1.6.2 Vegetación exótica

| Nombre común | Familia | Nombre científico |
|------------------|-------------|----------------------------|
| Eucalipto blanco | Myrtaceae | Eucaliptos globolus Labill |
| Eucalipto canelo | Myrtaceae | Eucalipto camaldulensis D. |
| Pino | Pinaceae | Pinus radiata |
| Cipres | Cupresaceae | Cupresus macro carpa |
| Acacia | Leguminosae | Acacia Cyanophylla Lidley |

2.1.6.3 Vegetación herbácea

| Nombre común | Familia | Nombre científico |
|--------------|----------------|--------------------------|
| Pasto | Poaceae | Paspalun notatun Fluegge |
| Trébol | Leguminosae | Trifoliun repensis L. |
| Toro toro | Compositae | Aconthosporun sp |
| Llantén | Plantaginaceae | Plantago sp. |

2.2 MATERIALES

Para el estudio de suelos, fue necesario el uso de una serie de materiales tanto en la etapa de campo como en la de gabinete, los mismos que se escriben a continuación:

Material cartográfico

- Mapa Base de Ubicación escala 1:3000
- Mapa Fisiográfico de la Estación Coimata escala 1:3000

Material de campo

- Libreta de campo
- Guía para la descripción de perfiles FAO
- Planillas para la descripción de perfiles
- Flexo métrico
- Tabla Munsell de colores
- Bolsas de polietileno
- Marcadores, lapiceras
- Etiquetas
- Gotero con Ácido Clorhídrico
- Agua destilada
- Cámara fotográfica
- GPS
- Lupa(x10)
- Botella con agua potable
- Tablero
- Estacas

Herramientas de campo

- Barreno tipo helicoidal
- Palas
- Picos
- Cuchillo pedológico

2.3 METODOLOGÍA

Para realizar el levantamiento edafológico se utilizó la Metodología propuesta por el Manual de Levantamientos de Suelos del USDA. La Clasificación de Suelos se realizó en base a la Taxonomía de Suelos del USDA (2006).

Se hizo necesario la elaboración de un esquema de acciones sistemáticas que contemplaron todas las investigaciones necesarias; para tal efecto se realizó diferentes etapas, las mismas se describen a continuación:

2.3.1 Etapa Preparatoria

La fase preparatoria consistió en:

La búsqueda, recolección y análisis de toda la información básica de la zona de estudio, la misma que constaba de aspectos relacionados con la vegetación del lugar, geología, geomorfología, uso actual de las parcelas dentro del predio, vegetación natural, climatología.

Se recopiló la mayor información cartográfica que pudiera haber existido, para tener una idea muy superficial del predio. Al no encontrarse antecedentes o documentos cartográficos de estudios generalizados dentro del predio, el trabajo de campo aumentó en intensidad.

Por lo que se hizo un recorrido y reconocimiento visual rápido en campo del área de estudio para así delimitar el predio.

Usando el programa de Google Earth; con las coordenadas geográficas obtenidas en el acopio de información cartográfica, se logró capturar la imagen satelital fisiográfica de la Estación Coimata, logrando reconocer la ubicación y límites del predio; contrastando la imagen con lo visto en campo, se tuvo la certeza de delimitar la zona de estudio.

Se elaboró un Mapa de Ubicación a escala 1:3000; con la ayuda del programa computacional ArcGIS herramienta usada por el Gabinete del SIG (Sistema de Información Geográfica) de la U.A.J.M.S.

Con la ayuda del Mapa de Ubicación se llevó a cabo un análisis fisiográfico de las unidades paisajísticas de la Estación; estructurándose así de esta manera los métodos de mapeo más acordes a la intensidad del estudio.

2.3.2 Etapa de Campo

Esta fase inicio con la exploración rápida de campo de la zona de estudio para así constatar los límites del mapa obtenido, anteriormente en gabinete.

Al no presentar modificaciones en el Mapa; se observo detalladamente unidades del suelo como ser forma del terreno, relieve, pendiente, gradiente, cultivos establecidos, áreas de infraestructura; para así delimitar las zonas a muestrear.

El método de mapeo o procedimientos usado dentro de la metodología del estudio dependen tanto del nivel y objetivos de levantamiento, del patrón de distribución de los suelos y de la experiencia del edafólogo encargado de realizar el estudio, para lo cual se contó con el aporte de la experiencia del docente guía que conjuntamente recorrió el predio para observar dichas unidades de suelo; mencionadas anteriormente.

Se realizó un mapeo libre; básicamente consistió en ubicar las observaciones de acuerdo al buen criterio del edafólogo, basándose en rasgos del paisaje fisiográfico y otros rasgos externos que ayudaron a comprender la distribución de los suelos.

Este tipo de mapeo no sigue ningún esquema, porque las observaciones se ubican según la relación fisiografía – suelo, por consiguiente su aplicación requiere que el edafólogo sea experimentado con el estudio de suelos, ya que es un tipo de mapeo bastante creativo y eficiente.

Al determinar las parcelas establecidas con cultivos, las áreas de instalaciones, invernaderos, reservorios de agua o diques, áreas sin cultivar; se decidió iniciar la exploración preliminar de nueve micro calicatas en cada parcela de cultivos establecidos para constatar la armonía coherente entre los distintos elementos del paisaje e identificar donde realizar los perfiles modales.

Las dimensiones usadas fueron de 0,50 x 0,50 x 0,50 m, ancho, largo y profundidad respectivamente; fueron descritas mediante planillas preparadas para este efecto, caracterizadas por ser una versión resumida de la Guía para Descripción de Perfiles de la FAO, las cuales adjuntamos al final del estudio.

Para tener una idea tentativa de la profundidad de cada micro calicata; se usó un barreno tipo helicoidal.

Con la información recopilada, se definió áreas homogéneas y representativas para ubicar los lugares para la apertura de los perfiles modales.

Se identificó cinco perfiles modales o calicatas, con las siguientes dimensiones fueron de 1 m de ancho, 2.50 m de largo y 1.50 m de profundidad; distribuidas en todo el Centro Experimental. Para su descripción se utilizó, planillas de campo en base a la Guía de descripciones de perfiles de la FAO, con la información requerida para ser llenadas a plenitud, estas planillas contemplan información general con relación al sitio y otras características específicas de los suelos.

Al describir cada perfil de suelo se tomó en cuenta aspectos climáticos relevantes para la precisa y clara obtención de datos.

Se tomó muestras de suelo aproximadamente 1 kg, por horizonte, de cada perfil modal; sumando un total de 17 muestras. Las cuales se colocaron en bolsas de polietileno transparente, claramente rotuladas e identificadas; el proceso fue cuidadoso para no perturbar la muestra con la ayuda de una pala, comenzando por la base del perfil hacia horizontes superiores, esto con la finalidad de no contaminar las muestras correspondientes para la evaluación física y química de las propiedades del suelo en el laboratorio.

2.3.3 Etapa de Laboratorio

Terminado el trabajo de campo, las muestras de suelos obtenidas, fueron secadas al aire, tamizadas y posteriormente llevadas al Laboratorio de Suelos y Aguas de Riego del Servicio Departamental Agropecuario (SEDAG), para su respectivo análisis físico químico, las determinaciones requeridas para el estudio se realizaron a través de

procedimientos propios de dicha institución, de las cuales mencionamos a continuación:

CUADRO 3 DETERMINACIONES QUÍMICAS

| | |
|---|--------------------------------------|
| pH | Potenciómetro relación 1:5 |
| Conductividad eléctrica (CE) | Potenciómetro relación 1:5 |
| Materia orgánica (M.O) | Método de Walkley-Black |
| Fosforo asimilable (P) | Método Olsen modificado |
| Potasio asimilable (K ⁺) | Método Acetato de Amonio 1N |
| Sodio intercambiable (Na ⁺) | Determinaciones en extracto amónico. |
| Calcio intercambiable (Ca ⁺⁺) | Determinaciones en extracto amónico. |
| Magnesio intercambiable (Mg ⁺⁺) | Determinaciones en extracto amónico. |
| Capacidad de intercambio catiónico (CIC) | Método del acetato de amonio 1 N |
| Nitrógeno Total (NT) | Método de Kjeldahl |
| Relación de Absorción de Sodio (RAS) | |
| Saturación de Bases (SB) | |

Fuente: Laboratorio SEDAG

CUADRO 4 DETERMINACIONES FÍSICAS

| | |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| Textura | Método de Bouyuocos Hidrómetro |
| Densidad aparente (Da) | Método de probeta |
| Densidad de partículas (Dp) | Método de probeta |
| Capacidad de campo (CC) | |
| Punto de marchitez permanente (PMP) | |

Fuente: Laboratorio SEDAG

2.3.4 Etapa Post Campo

Con los resultados obtenidos de campo y laboratorio se procedió a:

Ordenar e interpretar los resultados del análisis físico químico de las muestras de suelos con fines taxonómicos.

Determinó la Clasificación Taxonómica de los Suelos mediante las Claves de la Taxonomía de suelos del USDA, hasta el nivel categórico de Sub Grupo.

Se realizó el ajuste final de las unidades fisiográficas del Mapa Base de los Suelos de la estación.

Se elaboró la Leyenda Fisiográfica - Pedológico del Mapa Base de los Suelos con las respectivas unidades de mapeo, unidades taxonómicas y sus respectivos símbolos cartográficos, esto a través del programa ArcGIS, a una escala 1:3000.

Se cuantificó las superficies de las diferentes unidades de los Suelos de la estación.

Con la información se redactó el informe final de acuerdo a las pautas y especificaciones técnicas requeridas para elaborar las conclusiones y recomendaciones finales pertinentes para la planificación del uso y manejo adecuado del recurso suelo a nivel predial, dentro de la Estación Coimata.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LOS SUELOS

3.1.1 Suelos de Cima de Terraza parte Alta Antigua Llanura Fluvio-Lacustre

La antigua terraza Fluvio-lacustre, está conformada por depósitos de materiales transportados desde las montañas, a través del agua de escorrentía superficial y mezclados con los depósitos lacustres propiamente dichos. Se caracterizan porque en su morfología externa la parte Alta tiene una superficie casi regular y una pendiente entre 1 – 2 %, muy ligeramente inclinado, más pronunciada cerca de las colinas, pero a medida que nos alejamos de esta zona la pendiente cada vez es menor, llegando a tener gradientes insignificantes en algunos sectores; los suelos en superficie son francos arcillosos y arcillosos; a medida que ganamos profundidad son más arcillosos con abundante presencia de carbonatos de Calcio, que tienen una reacción bastante fuerte a la prueba con Ácido Clorhídrico, el pH de los suelos está entre neutro a moderadamente alcalino (6 - 8), la Materia Orgánica es alta en los horizontes superficiales (4%).

Hay que rescatar la característica climática de la zona la cual tiene un régimen de precipitación con lluvias mayormente concentradas algunos meses del año (diciembre, enero, febrero y marzo), aspecto que origina una migración de arcillas finas desde la superficie (epipedón), hasta los niveles subsuperficiales (endopedón), en el periodo de lluvias, situación que favorece la formación de un horizonte argílico, con cutanes de arcilla (argilanes) que recubren la cara de los peds de forma nítida.

Los suelos encontrados en la cima parte alta fueron clasificados por el régimen de humedad Ústico en el orden de los Inceptisoles, como Vertic Calcustepts.

3.1.2 Suelos de Cima de Terraza parte Baja margen Izquierdo Antigua Llanura Fluvio-Lacustre

En esta terraza, los suelos tienen una cantidad de fragmentos gruesos en la superficie (2 – 4%) pedregoso, con una pendiente (1%) muy ligeramente inclinado.

Los fragmentos gruesos (1 – 2%), se encuentra en cada uno de los horizontes sub superficiales de esta unidad, en algunos sectores presenta una estructura masiva con fragmentos gruesos (60 – 80%), constituidos por bloques y fragmentos de rocas sedimentarias. Si no se hace un manejo adecuado de estos suelos puede llegar a perderse. Esta unidad no presenta carbonatos de Calcio en ninguno de sus horizontes.

Taxonómicamente los Suelos de Cima de Terraza baja margen izquierdo Fluvio-lacustre, también fueron clasificados como Ustepts, dentro de los Inceptisoles; cuyas características referidas al régimen de humedad, régimen de temperatura, presencia de un horizonte Argílico ya fue descrito y analizado anteriormente en los suelos similares que se encuentran ubicados en la parte alta de esta unidad.

Sin embargo a nivel de Gran grupo pertenece a los Haplustepts; difiere de la anterior unidad geomorfológica; es un Typic Haplustepts

3.1.3 Suelos de Cima de Terraza parte Baja Margen Derecho Antigua Llanura Fluvio-Lacustre

Como ya mencionamos anteriormente, los suelos de esta unidad fueron clasificados dentro del Orden Inceptisoles, como Vertic Haplustepts.

Presentan características similares al resto de la cima de Terraza parte Alta, más sin embargo difiere de estas porque presenta una textura completamente arcillosa sin la presencia de carbonatos de Calcio; pero con características verticas.

3.2 DESCRIPCIÓN DE PERFILES

3.2.1 Perfil Modal 1

Información general del sitio

| | |
|----------------------------|---|
| Nº de Perfil: | 01 |
| Estado de descripción: | Descripción de perfil de rutina |
| Fecha de descripción: | 170510 |
| Autores de la descripción: | Martinez M |
| Ubicación: | A 25 m del reservorio de agua |
| Elevación: | 2.021 m.s.n.m |
| Coordenadas: | Latitud 21°30.083` Longitud 064° 47.464` |

Factores de formación del suelo

| | |
|-------------------------------------|--|
| Condición atmosférica del clima: | soleado/despejado sin lluvia en el último mes |
| Geoforma: | Terraza aluvial |
| Relieve: | Muy ligeramente inclinado (pendiente 1%) |
| Uso de la tierra: | Agricultura tradicional mecanizada |
| Vegetación: | Leguminosa/Cultivo de arveja |
| Influencia humana: | Vegetación perturbada |
| Material parental: | Sedimentos no consolidados con un ligero aumento de arcillas iluviales |
| Edad de la superficie de la tierra: | Sedimentos Cuaternarios |
| Pedregosidad en superficie: | 2 - 4% ligeramente pedregoso |
| Rocosidad: | No |
| Inundaciones: | No |
| Erosión: | No |

Características diagnósticas

| | |
|-------------------------|----------|
| Epipedón: | Ócrico |
| Endopedón: | Argílico |
| Régimen de humedad: | Ústico |
| Régimen de temperatura: | Térmico |

Clasificación taxonómica

| | |
|-------------|-------------------|
| Orden: | Inceptisoles |
| Suborden: | Ustepts |
| Gran grupo: | Haplustepts |
| Subgrupo: | Typic Haplustepts |

Descripción del perfil

El suelo presenta un epipedón Ócrico, sobre un endopedón Argílico, presentando una característica muy particular: argilanes que recubren los pedrs; con un perfil de texturas moderadamente finas, franco arcillosas, en los diferentes horizontes analizados, la saturación de bases es alta (70-80%), predominando un muy alto porcentaje de Ca y Mg en todos sus horizontes pero muy bajo porcentaje de Na y K intercambiable. No presenta concreciones calcáreas. Sus suelos no son salinos, prosperan todo tipo de cultivos; tiene una alta CIC (30 - 44 meq/100 g s.s). La cantidad de M.O indica un alto contenido en el horizonte Ap (3 %).

Todos los horizontes presentan fragmentos gruesos de 1 al 2% en su espesor.

| Horizonte | Profundidad (cm) | Características |
|-----------|------------------|--|
| Ap | 0 -17 | Color pardo en seco (10YR5/3) y pardo en húmedo (10YR4/3); textura franco arcillosa; estructura en bloques subangulares medios y moderados; consistencia en seco, muy duro, en húmedo friable, |

| | | |
|----|----------|--|
| | | ligeramente adherente, plástico; no calcáreo; porosidad baja, tubulares, muy finos; raíces comunes, finas; fragmentos gruesos de 1 – 2 %; límite de horizonte plano, suave y claro; pH = 6,13 |
| Bt | 17 – 63 | Color pardo amarillento claro en seco (10YR6/4) y pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR4/6); textura arcillosa; estructura en bloques subangulares medios, moderados; cutanes de arcilla (argilanes) que recubren la cara de los peds; consistencia en seco muy duro, en húmedo firme, ligeramente adherente y ligeramente plástico; no calcáreo; porosidad baja, tubular, muy finos; pocas raíces finas; fragmentos gruesos de 1 – 2 %; límite de horizonte suave abrupto; pH = 7,37 |
| BC | 63 – 150 | Color pardo en seco (10YR5/3) y pardo en húmedo (10YR4/3); textura arcillosa; estructura en bloques subangulares medios y moderados a masivo; consistencia en seco, extremadamente duro, en húmedo friable, adherente y ligeramente plástico; no calcáreo; porosidad baja, tubular, medios a finos; muchas raíces finas; Fragmentos gruesos 1 – 2 %; límite de horizonte suave abrupto; pH 8,00 |

FIGURA N° 3 PERFIL MODAL 1**TYPIC HAPLUSTEPTS**

3.2.2 Perfil Modal 2

Información general del sitio

| | |
|----------------------------|--|
| N° de Perfil: | 02 |
| Estado de descripción: | Descripción de perfil de rutina |
| Fecha de descripción: | 170505 |
| Autores de la descripción: | Martinez M. |
| Ubicación: | A 70 - 80 m del reservorio de agua |
| Elevación: | 2.019 m.s.n.m |
| Coordenadas: | Latitud 21° 30.046` Longitud 064° 47.406` |

Factores de formación del suelo

| | |
|-------------------------------------|---|
| Condición atmosférica del clima: | soleado/despejado y sin lluvia un mes antes |
| Geoforma: | Terraza aluvial |
| Relieve: | Muy ligeramente inclinado (pendiente 1%) |
| Uso de la tierra: | Agricultura tradicional mecanizada |
| Vegetación: | Cultivo de maíz y morrón |
| Influencia humana: | Vegetación perturbada |
| Material parental: | Sedimentos no consolidados con un ligero aumento de arcilla iluvial |
| Edad de la superficie de la tierra: | Sedimentos Cuaternarios |
| Pedregosidad en superficie: | 5 % pedregoso |
| Rocidad: | No |
| Inundaciones: | No |
| Erosión: | No |

Características diagnósticas

| | |
|-------------------------|----------|
| Epipedón: | Ócrico |
| Endopedón: | Argílico |
| Régimen de humedad: | Ústico |
| Régimen de temperatura: | Térmico |

Clasificación taxonómica

| | |
|-------------|-------------------|
| Orden: | Inceptisoles |
| Suborden: | Ustepts |
| Gran grupo: | Haplustepts |
| Subgrupo: | Typic Haplustepts |

Descripción del perfil

Presenta un endopedón Ócrico y un horizonte argílico; con presencia de cutanes en el segundo horizonte. En todo el perfil predominan texturas moderadamente finas, franco arcilloso a arcillosos.

Presentan fragmentos gruesos de 1 al 5% en todo su espesor. Teniendo un horizonte masivo a los 98 cm de profundidad con abundantes fragmentos pedregosos entre un 60-80% limitando así la penetración de raíces más profundas.

Sus suelos no son salinos; tiene una alta CIC (30 - 46 meq/100 g s.s). Tiene una alta saturación de bases (80%); contenido alto de Ca (18-26%) y Mg (6.5-11,5%). Muy bajo porcentaje de Na, K intercambiable. No presenta concreciones calcáreas.

| Horizonte | Profundidad (cm) | Características |
|-----------|---------------------|---|
| Ap | 0 – 18 | Color pardo en seco (10YR4/3) y pardo oscuro en húmedo (10YR3/3); textura franco arcillosa; estructura en bloques subangulares medios y |

| | | |
|----|---------|--|
| | | moderados; consistencia en seco, ligeramente duro, en húmedo friable, adherente y plástico; no calcáreo; porosidad baja, tubulares ,muy finos; raíces comunes, finas; muy pocos fragmentos gruesos de 1 – 2 % ; límite de horizonte gradual, suave; pH = 6,25 |
| Bt | 18 – 49 | Color pardo en seco (10YR4/3) y pardo oscuro en húmedo (10YR3/3); textura arcillosa; estructura en bloques subangulares medios y moderados; cutanes de arcilla (argilanes) que recubren la cara de los peds; consistencia en seco, duro, en húmedo firme, muy adherente y muy plástico; no calcáreo; porosidad baja, tubulares , finos y gruesos; raíces comunes, finas a medias; muy pocos fragmentos gruesos de 1 – 2 %; límite de horizonte claro, suave; pH = 6,30 |
| BC | 49 – 74 | Color pardo grisáceo muy oscuro en seco (10YR3/2) y pardo muy oscuro en húmedo (10YR2/2); textura arcillosa; estructura columnar grueso y moderado; consistencia en seco, muy duro, en húmedo muy firme, muy adherente y muy plástico; no calcáreo; porosidad baja, tubulares ,finos; muchas raíces, medias a gruesas; pocos fragmentos gruesos de 3–5 % pedregoso; límite de horizonte claro, suave; pH = 6,84 |
| IC | 74 – 98 | Estructura masiva; no se observa raíces; abundantes fragmentos gruesos de 60 – 80% |

FIGURA 4 PERFIL MODAL 2



TYPIC HAPLUSTEPTS

3.2.3 Perfil Modal 3

Información general del sitio

| | |
|----------------------------|---|
| N° de Perfil: | 03 |
| Estado de descripción: | Descripción de perfil de rutina |
| Fecha de descripción: | 170504 |
| Autores de la descripción: | Martinez M. |
| Ubicación: | El perfil se encuentra ubicado aprox. a 1500 m de distancia de la entrada de la Estación lado izquierdo, frente a un invernadero. |
| Elevación: | 2.025 m.s.n.m |
| Coordenadas: | latitud 21° 29.983` Longitud 064° 47.409` |

Factores de formación del suelo

| | |
|-------------------------------------|---|
| Condición atmosférica del clima: | soleado/despejado sin lluvia en el último mes |
| Geoforma: | Terraza aluvial |
| Relieve: | Muy ligeramente inclinado (pendiente 2%) |
| Uso de la tierra: | Agricultura tradicional mecanizada |
| Vegetación: | cultivo de orégano |
| Influencia humana: | vegetación perturbada |
| Material parental: | Sedimentos no consolidados con un ligero aumento de arcilla iluvial |
| Edad de la superficie de la tierra: | Sedimentos Cuaternarios |
| Pedregosidad en superficie: | no |
| Rocosidad: | no |
| Inundaciones: | no |

Erosión: no

Características diagnósticas

Epipedón: Ócrico

Endopedón: Argílico

Régimen de humedad: Ústico

Régimen de temperatura: Térmico

Clasificación taxonómica

Orden: Inceptisoles

Suborden: Ustepts

Gran grupo: Calciustepts

Subgrupo: Vertic Calciustepts

Descripción del perfil

Tiene un endopedón Ócrico, un Horizonte argílico; con revestimientos de cutanes de arcilla (argilanes) en los peds del horizonte Bt y parte del horizonte BC.

Se caracteriza particularmente por presentar una fuerte presencia de concreciones de calcio, usando el método Ácido Clorhídrico para su identificación, en el segundo y tercer horizonte del perfil.

Presentan características verticas en la superficie: grietas que se abren y cierran periódicamente ≥ 1 a 2 cm, muy profundas (50 cm) y ampliamente espaciadas en la superficie, pero no son suficiente como para que nuestro suelo en estudio pueda clasificarse como un Vertisol, por el factor clima ya que requiere un régimen muy húmedo.

Todos los horizontes presentan un límite claro y suave. Siendo muy fácil su diferenciación debido a los cambios de color.

| Horizonte | Profundidad (cm) | Características |
|-----------|---------------------|--|
| Ap | 0 – 17 | Color pardo amarillento en seco (10YR5/4) y pardo oscuro en húmedo (10YR3/3); textura franco arcillosa; estructura bloques subangulares, medios y moderados; consistencia en seco, ligeramente duro, en húmedo friable, ligeramente adherente y ligeramente plástico; no calcáreo; porosidad baja, tubulares ,muy finos; frecuentes raíces, muy finas; límite de horizonte claro, suave; pH = 6,60 |
| Btk | 17 – 58 | Color pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR3/6); textura muy arcilloso; estructura columnar grueso y fuerte; cutanes de arcilla (argilanes) que recubren la cara de los peds; consistencia en seco, muy duro, en húmedo muy firme, muy adherente y muy plástico; fuertemente calcáreo; porosidad baja, tubulares, muy finos; pocas raíces, muy finas; límite de horizonte claro, suave; pH = 7,55 |
| BCK | 58 - 120 | Color pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR3/4); textura muy arcilloso; estructura prismático a masivo; tiene algo de cutanes de arcilla (argilanes) que recubren los peds; consistencia en seco duro, en húmedo firme, adherente y plástico; fuertemente calcáreo; porosidad baja, tubulares, intersticiales, finos; no se observa raíces; límite de horizonte claro, suave; pH = 7,89 |

FIGURA 5 PERFIL MODAL N° 3



VERTIC CALCIUSTEPTS

3.2.4 Perfil Modal 4

Información general del sitio

| | |
|----------------------------|---|
| N° de Perfil: | 04 |
| Estado de descripción: | Descripción de perfil de rutina |
| Fecha de descripción: | 170509 |
| Autores de la descripción: | Martinez M. |
| Ubicación: | A 40 m de distancia del camino asfaltado al lado derecho. |
| Elevación: | 2.017 m.s.n.m |
| Coordenadas: | latitud 21°29.902` Longitud 064° 47.314` |

Factores de formación del suelo

| | |
|-------------------------------------|--|
| Condición atmosférica del clima: | soleado/despejado sin lluvia en el último mes |
| Geoforma: | Terraza aluvial |
| Relieve: | Muy ligeramente inclinado (pendiente 2%) |
| Uso de la tierra: | Agricultura tradicional mecanizada |
| Vegetación: | rastrojos de maíz |
| Influencia humana: | vegetación perturbada |
| Material parental: | Sedimentos no consolidados con un ligero aumento de arcillas iluviales |
| Edad de la superficie de la tierra: | Sedimentos Cuaternarios |
| Pedregosidad en superficie: | no |
| Rociedad: | no |
| Inundaciones: | no |
| Erosión: | no |

Características diagnósticas

| | |
|-------------------------|----------|
| Epipedón: | Ócrico |
| Endopedón: | Argílico |
| Régimen de humedad: | Ústico |
| Régimen de temperatura: | Térmico |

Clasificación taxonómica

| | |
|-------------|---------------------|
| Orden: | Inceptisoles |
| Suborden: | Ustepts |
| Gran grupo: | Calciustepts |
| Subgrupo: | Vertic Calciustepts |

Descripción del perfil

Tiene un epipedón Ócrico, un horizonte argílico; presenta cutanes de arcilla (argilanes) que recubren la cara de los pedos en el tercer horizonte. Presentan características verticas en la superficie como se mencionó en la descripción anterior del perfil 3.

Todos los horizontes presentan texturas finas arcillosas; solo el horizonte argílico presenta un aumento siendo muy arcilloso; tienen un límite plano, suave y claro siendo muy fácil su diferenciación, debido a los cambios de color.

| Horizonte | Profundidad (cm) | Características |
|-----------|------------------|---|
| Ap | 0 – 30 | Color pardo en seco (10YR4/3) y color pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR3/2); textura arcilloso; estructura bloque subangulares fino y moderado; consistencia en seco, ligeramente duro, en húmedo friable, ligeramente adherente y ligeramente plástico; no calcáreo; porosidad baja, tubulares , finos; muchas raíces, muy finas a finas |

| | | |
|-----|-----------|--|
| | | y medias; límite de horizonte plano, suave, claro; pH = 7,19 |
| ABk | 30 – 63 | Color pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR3/2); textura arcilloso; estructura bloque subangulares fino y fuerte; consistencia en seco, duro, en húmedo firme, muy adherente y muy plástico; fuertemente calcáreo; porosidad baja, tubulares , finos; raíces comunes, muy finas; límite de horizonte plano, suave, claro; pH = 8,21 |
| Btk | 63 – 126 | Color pardo en seco (10YR4/3) y color pardo grisáceo oscuro en húmedo (10YR4/2); textura muy arcilloso; estructura bloque subangulares fino y moderado; cutanes de arcilla (argilanes) que recubren la cara de los peds; consistencia en seco, duro, en húmedo friable, adherente y plástico; fuertemente calcáreo; porosidad muy baja, tubulares, muy finos; no se observa raíces; límite de horizonte plano, suave, claro; pH = 8,26 |
| C1 | 126 – 150 | Color pardo en seco (10YR4/3) y color pardo grisáceo oscuro en húmedo (10YR4/2); textura muy arcilloso; estructura columnar grueso y moderado; consistencia en seco, ligeramente duro, en húmedo friable, ligeramente adherente y ligeramente plástico; no calcáreo; porosidad baja, tubulares, finos; no se observa raíces; límite de horizonte plano, suave, claro; pH = 7,91 |

FIGURA 6 PERFIL MODAL 4



VERTIC CALCIUSTEPS

3.2.5 Perfil Modal 5

Información general del sitio

| | |
|----------------------------|---|
| N° de Perfil: | 05 |
| Estado de descripción: | Descripción de perfil de rutina |
| Fecha de descripción: | 170511 |
| Autores de la descripción: | Martinez M. |
| Ubicación: | A 35 m de distancia de los invernaderos ubicados en el lado derecho del camino asfaltado. |
| Elevación: | 2.020 m.s.n.m |
| Coordenadas: | latitud 21° 29.887` Longitud 064° 47.263` |

Factores de formación del suelo

| | |
|-------------------------------------|--|
| Condición atmosférica del clima: | soleado/despejado sin lluvia en el último mes |
| Geoforma: | Terraza aluvial |
| Relieve: | Muy ligeramente inclinado (pendiente 1%) |
| Uso de la tierra: | Agricultura tradicional mecanizada |
| Vegetación: | cultivo de Maralfalfa |
| Influencia humana: | vegetación perturbada |
| Material parental: | Sedimentos no consolidados con un ligero aumento de arcilla iluvial. |
| Edad de la superficie de la tierra: | Sedimentos Cuaternarios |
| Pedregosidad en superficie: | no |
| Rocosidad: | no |
| Inundaciones: | no |
| Erosión: | no |

Características diagnósticas

| | |
|-------------------------|----------|
| Epipedón: | Ócrico |
| Endopedón: | Argílico |
| Régimen de humedad: | Ústico |
| Régimen de temperatura: | Térmico |

Clasificación taxonómica

| | |
|-------------|--------------------|
| Orden: | Inceptisoles |
| Suborden: | Ustepts |
| Gran grupo: | Haplustepts |
| Subgrupo: | Vertic Haplustepts |

Descripción del perfil

Tiene un epipedón Ócrico, un horizonte Argílico; presenta cutanes de arcilla (argilanes) que recubren la cara de los pedos en el segundo horizonte. Contiene propiedades verticas en la superficie descritas anteriormente.

Todos los horizontes presentan texturas finas arcillosas; en el horizonte BC presenta un aumento en el porcentaje de arcilla; tienen un límite plano, suave y claro siendo muy fácil su diferenciación, debido a los cambios de color.

Son suelos no salinos, con alta CIC (35-46%), un porcentaje de Saturación de Bases alto (70-80%), muy bajo porcentaje de K, Na intercambiable.

| Horizonte | Profundidad(cm) | Características |
|-----------|-----------------|---|
| Ap | 0 – 17 | Color pardo grisáceo oscuro en seco (10YR4/2) y color pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR3/2); textura arcilloso; estructura bloque subangulares medio y fuerte; consistencia en seco, muy duro, en húmedo firme, ligeramente |

| | | |
|----|-----------|---|
| | | adherente y plástico; no calcáreo; porosidad alta, tubulares, muy finos a medios; muchas raíces, muy finas a finas; límite de horizonte plano, suave, claro; pH = 6,82 |
| Bt | 17 – 63 | Color pardo grisáceo oscuro en húmedo (10YR4/2); textura arcilloso; estructura bloque subangulares medio y moderado; cutanes de arcilla (argilanes) que recubren la cara de los pedrs; consistencia en seco, ligeramente duro, en húmedo muy friable, no adherente y plástico; no calcáreo; porosidad alta, tubulares, muy finos a medios; muchas raíces, muy finas a finas; límite de horizonte plano, suave, claro; pH = 7,52 |
| BC | 63 – 117 | Color pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR3/2); textura muy arcilloso; estructura columnar medio y moderado; consistencia en seco, duro, en húmedo muy friable, ligeramente adherente y plástico; no calcáreo; porosidad muy baja, tubulares, muy finos a medios; no se observa raíces; límite de horizonte plano, suave, claro; pH = 7,84 |
| C1 | 117 – 150 | Color pardo grisáceo (10YR5/2) en húmedo; textura arcilloso; estructura bloque subangulares medio y débil; consistencia en seco, duro, en húmedo friable, ligeramente adherente y ligeramente plástico; no calcáreo; porosidad común, tubulares, finos; no se observa raíces; límite de horizonte plano, suave, claro; pH = 8,14 |

FIGURA 7 PERFIL MODAL 5**VERTIC HAPLUSTEPTS**

3.3 GÉNESIS Y TAXONOMÍA DE LOS SUELOS

3.3.1 Génesis de los suelos

Toda la evolución que sufren los suelos hasta llegar a tener las características físicas y químicas actuales; está íntimamente relacionado con los factores y procesos específicos de formación de los suelos, todas estas características pueden ser descritas en campo y comprobadas con los análisis de laboratorio. De esta manera se puede afirmar que para una determinada combinación de factores y procesos formadores sólo puede existir un tipo de suelo; con las mismas características físicas, químicas y biológicas, y este es similar en cualquier parte del mundo; si es que tienen los mismos procesos de formación.

Existen cinco factores de formación bien definidos y conocidos; clima, material parental, relieve, organismo y tiempo. La influencia directa de cada factor formador en las propiedades del suelo depende de la intensidad de cada una de éstas en el paisaje fisiográfico.

Uno de los factores de mayor importancia es el clima, su acción decisiva está ligado a que dé él depende regular el aporte de agua en el suelo, manifestando sus variables climáticas a través de humedad y temperatura ejerciendo influencia sobre los procesos más básicos de formación.

El clima afecta algunas de las características más importantes de los suelos; como por ejemplo la acumulación de materia orgánica, el porcentaje de arcilla, acumulación de carbonatos por lixiviación, el pH, el porcentaje de saturación, la actividad microbiana y otros. Todo esto en función de la intensidad de los procesos de meteorización en el relieve, que en la zona de estudio es de bastante consideración.

En cambio si hablamos del material parental, que como ya sabemos es el material mineral a partir del cual después de edafizarse, disgregándose a través de los diferentes procesos, se forma el suelo con sus respectivos materiales tanto minerales como orgánicos; resultado de la meteorización de la roca in situ o transportada.

La influencia de este factor igual es de mucha importancia más en consideración de la zona de estudio ya que al tratarse de suelos relativamente jóvenes, es más notoria, el tiempo no tiene mucha influencia en el proceso de meteorización sobre el material parental por lo que todas las unidades fisiográficas de la zona estudio responden a las características que les otorga el material parental, esto se puede constatar a través de las texturas arcillosas de la terraza aluvial que existe en la Estación.

El relieve tiene su influencia, en la profundidad de los suelos y al tratarse de suelos relativamente jóvenes es muy notorio el desarrollo poco evolutivo de los horizontes, también se observa la acumulación de M.O en horizontes superficiales.

Con los organismos mencionamos la influencia de la cobertura vegetal que en la zona si se hace con el establecimiento de cultivos anuales, así tratando la incorporación de residuos orgánicos y retención de escorrentía superficial.

Sin embargo la homogeneización de la M.O no resulta ser tan favorable en la zona existiendo una acumulación en la superficie y baja hacia horizontes sub siguientes.

Por otro lado si nos referimos al factor tiempo como ya mencionamos anteriormente tiene poca influencia en la zona de estudio, ya que al ser suelos de poco desarrollo pedogenético, es considerado como relativamente poco importante sin menospreciar su aporte de formación hasta el momento.

En síntesis los factores formadores de mayor influencia para la formación de los suelos de la zona de estudio son tanto el clima como el material parental.

3.3.2 TAXONOMIA DE LOS SUELOS

En estos suelos se presenta evidencia de evolución incipiente que lo ha llevado a desarrollar varios horizontes, y al no cumplir los requisitos para ubicarse en alguno de los otros ordenes, al no presentar suelos fríos, como los Gelisoles; suelos orgánicos, como los Hístosoles; suelos con un epipedón mólico, en los molisoles; influencia volcánica, en el caso de los Andisoles; o regímenes de humedad para climas tropicales, en Oxisoles, Aridisoles y Ustisoles, también si los Entisoles que dado el caso no corresponde por ser suelos embrionarios con solo un horizonte superficial; se

clasifica dentro de los Inceptisoles, también no pertenecen a los Vertisoles pese a tener propiedades vérticas, y suelos arcillosos, cuenta con un factor limitante; el clima húmedo, que no pertenece a la zona de estudio.

3.3.2.1 Orden Inceptisoles

Se clasifican dentro del orden de los Inceptisoles, los suelos que:

Son relativamente jóvenes. No cumplen con los requisitos para ubicarse en alguno de los otros ordenes, pero que presentan evidencias de evolución incipiente que los ha llevado a desarrollar varios horizontes con estructura de suelo, presentan un horizonte diagnóstico Ócrico, úmbrico y en casos especiales bajo un mólico. Presenta un horizonte cálcico.

3.3.2.2 Sub Orden Ustepts

Dentro del sub orden de los Ustepts, se encuentran clasificados los Inceptisoles que tienen un Régimen de Humedad del suelo Ústico.

En resumen la Estación Coimata, área de estudio de este levantamiento de suelos, después de ser realizados todos los trabajos de campo y laboratorio correspondientemente, se identificaron y clasificaron los siguientes suelos, que detallamos a continuación, haciendo una breve discusión sobre ellos.

- Vertic Calciustepts
- Typic Haplustepts
- Vertic Haplustepts

VERTIC CALCIUSTEPTS

Gran Grupo Calciustepts

Son los Inceptisoles, que clasificados como Ustepts presentan un horizonte cálcico dentro de los 100 cm de la superficie del suelo mineral; y ya sea, carbonatos libres o una clase textural de arena francosa fina o más gruesa en todas partes encima del horizonte cálcico o petrocálcico, después de que el suelo ha sido mezclado entre la superficie del suelo mineral y una profundidad de 18 cm.

Sub Grupo Vertic Calciustepts

Son Calciustepts que tienen grietas dentro de los 125 cm de la superficie del suelo, que tienen 5 mm o más de grosor a través de un espesor de 30 cm o más por algún tiempo en años normales, y caras de fricción o peds en forma de cuña, en una capa de 15 cm o más de espesor que tiene su límite superior dentro de los 125 cm de la superficie del suelo.

Este suelo es considerado ligeramente joven; ya que tiene características, muy particulares contiene un epipedón ócrico, sobre un endopedón argílico, factor que denota claramente un estado de evolución mayor que los suelos más embrionarios los Entisoles.

En estos suelos la saturación de base es buena y la capacidad de intercambio catiónico es muy alta, lo cual hace proveer un buen comportamiento desde el punto de vista de uso y manejo. Este Inceptisol se clasificó dentro del sub orden de los Ustepts, debido a que tiene un régimen de humedad del suelo Ústico, que debido a la posición fisiográfica es de vital importancia para su clasificación, para posteriormente diferenciarse, ya que tiene un horizonte argílico claramente diferenciado, por la presencia de un ligero aumento del contenido de arcillas y cutanes, que recubren en algunos casos las caras de los peds; a su vez con una acumulación de carbonatos de Ca, entre un 20 a 30 %.

Otra característica importante a la hora de clasificar este suelo son las propiedades verticas que presenta, con claros vestigios de grietas de ≥ 1 cm que se abren y cierran periódicamente, con una profundidad de 50 cm aproximadamente, esto debido a la expansión y contracción de las arcillas en periodos de sequía dentro de la zona de estudio.

TYPIC HAPLUSTEPTS

Los Typic Haplustepts, dentro de los Haplustepts son los suelos que no presentan los requisitos para clasificar en cualquier otro sub grupo.

Este también es un suelo relativamente joven, ya que igual al anterior, presenta un epipedón ócrico, y endopedón argílico con sus respectivos cutanes de revestimiento en los peds. No presenta características vérticas, ni presencia de carbonatos de calcio. Su alta saturación de bases y CIC; es buena.

Son suelos donde se predomina una ligera pedregosidad; tanto en la superficie como en el resto del perfil. Presenta una estructura masiva poco desarrollada, en algunas zonas, limitando así la penetración de algunas raíces.

VERTIC HAPLUSTEPTS

Sub Grupo Vertic Haplustepts

Son Haplustepts con grietas dentro de los 125 cm de la superficie del suelo, que tienen 5 mm o más de grosor a través de un espesor de 30 cm o más por algún tiempo en años normales y caras de fricción o peds en forma de cuña.

Este suelo presenta las mismas características que los anteriores, con respecto a la presencia de horizontes diagnóstico, textura, CIC, saturación de bases, porcentaje de cationes intercambiables y otros.

3.4 LEYENDA DE MAPA FISIAGRÁFICO – PEDOLÓGICO

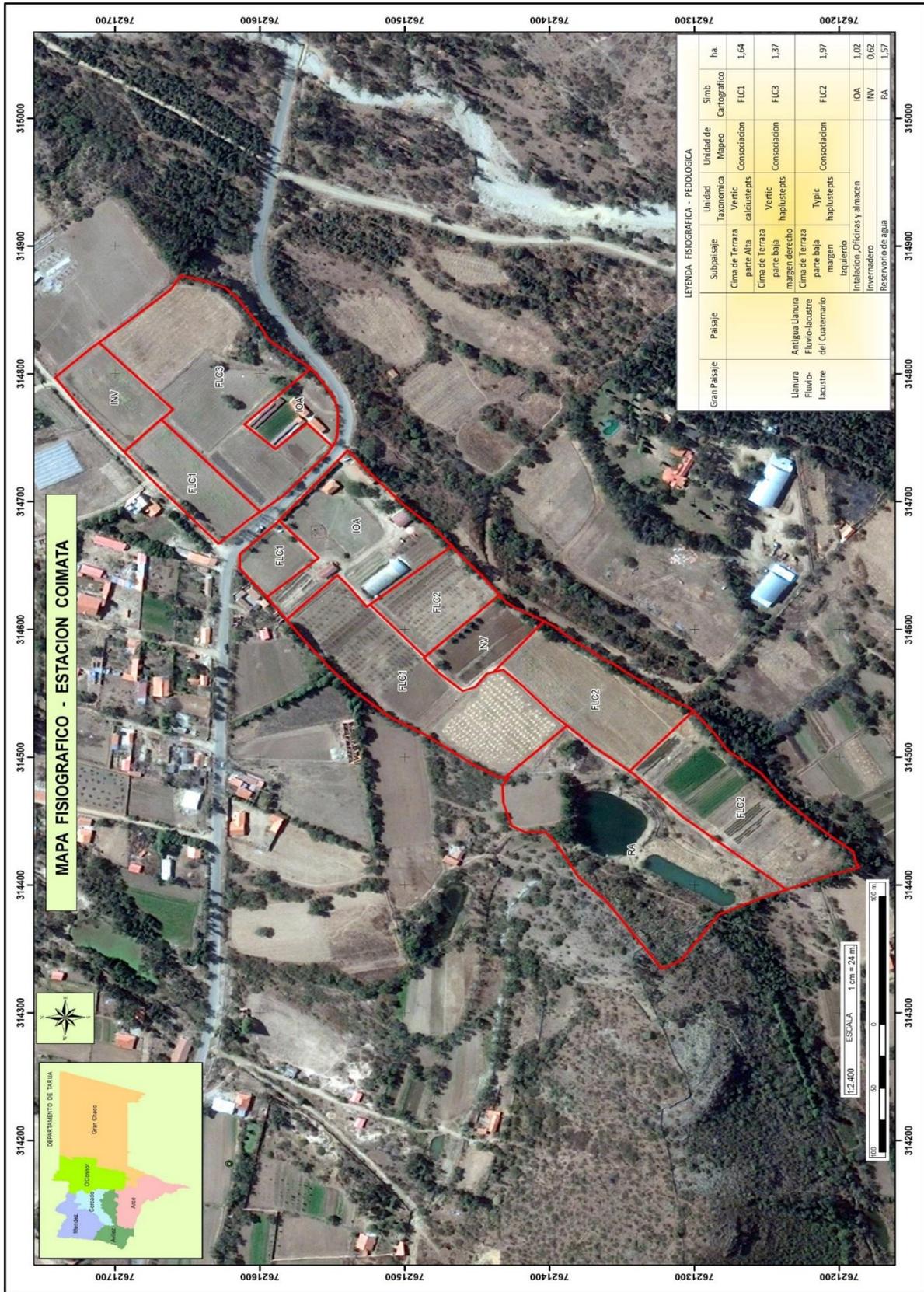
Los resultados que se presentan, constituyen la integración de las distintas fases del estudio de suelos. Mediante la metodología del levantamiento se determinaron tres unidades fisiográficas-pedológica como siguen:

CUADRO 5 LEYENDA MAPA FISIAGRÁFICO-PEDOLÓGICO

| Gran Paisaje | Paisaje | Subpaisaje | Unidad Taxonomica | Unidad de Mapeo | Simb Cartografico | ha. | % | |
|-------------------------|---|---|---------------------|-----------------|-------------------|------|-------|-------|
| Llanura Fluvio-lacustre | Antigua Llanura Fluvio-lacustre del Cuaternario | Cima de Terraza parte Alta | Vertic Calciustepts | Consociación | FLC1 | 1,64 | 20,02 | |
| | | Cima de Terraza parte baja margen derecho | Vertic Haplustepts | Consociación | FLC3 | 1,37 | 16,73 | |
| | | Cima de Terraza parte baja margen izquierdo | Typic Haplustepts | Consociación | FLC2 | 1,97 | 24,05 | |
| | | Instalacion ,Oficinas y almacen | | | | IOA | 1,02 | 12,45 |
| | | Invernadero | | | | INV | 0,62 | 7,57 |
| | | Reservorio de agua | | | | RA | 1,57 | 19,17 |
| | | TOTAL | | | | | | 8,19 |

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente página se anexa el Mapa Fisiográfico de la Estacion Experimental Coimata, se observa dos tipos de Subpaisaje, Terraza Alta y Baja (esta subdividida, margen izquierdo y derecho), estos suelos se diferencian por la posición que tienen en el terreno, habiendo una significativa diferencia de altura, este criterio fue suficiente para tratarlas en principio, como paisajes diferentes en el estudio.



CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

Luego de concluir con el estudio de suelos y posterior análisis de resultados de campo y laboratorio, en función a la metodología utilizada en la zona de estudio de la Estación Experimental Coimata, dependiente del SEDAG, perteneciente a la provincia Méndez, del Departamento de Tarija, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. Luego de realizado el Balance Hídrico, se puede afirmar que, en la zona de estudio se tiene un Régimen de Humedad y Temperatura: Ústico y Térmico respectivamente. Debido al régimen de Humedad los suelos se clasificaron en el sub orden de los Ustepts.

2. La estación fue dividida en 3 unidades importantes, de área de estudio, desde el punto de vista fisiográfico y su relación con los tipos de suelos que se presentan en:

- Cima de Terraza parte Alta Antigua Llanura Fluvio-Lacustre, con una superficie de 1.64 Ha.
- Cima de Terraza parte Baja margen Derecho Antigua Llanura Fluvio-Lacustre, con una superficie de 1.37 Ha.
- Cima de Terraza parte Baja margen Izquierdo Antigua Llanura Fluvio-Lacustre, con una superficie de 1.97 Ha.

3. Los suelos de las unidades, Cima de Terraza parte Alta, tiene un alto porcentaje de carbonatos de calcio, entre un 20-30% que reaccionan con efervescencia fuertemente visible, ante la prueba de ácido clorhídrico al 10%.

4. En los suelos de la unidad Cima de Terraza parte Baja margen Izquierdo; presenta una ligera pedregosidad, en la superficie (2-5%) y en cada uno de sus horizontes se observa también fragmentos gruesos entre el 1 a 2 %, limitando de esta manera el desarrollo radicular de algunos cultivos.

5. Los suelos de las unidades Cima de Terraza, parte Alta y parte Baja margen Derecho, presentan características Verticas; grietas que se abren y cierran periódicamente ≥ 1 cm con una profundidad de ≤ 50 cm, debido al contenido textural arcilloso de los suelos, sin embargo no son lo suficiente para encajar dentro de los Vertisoles debido al régimen climático ústico de la zona.

6. Dado los resultados de laboratorio; los suelos de las 3 unidades; presentan texturas moderadamente finas, franco arcilloso, arcillosos hasta muy arcillosos; son suelos con un alta porcentaje de CIC y saturación de bases $\geq 80\%$, debido a esto pueden prosperar muy bien los cultivos. Predominan el alto porcentaje de iones intercambiables de Ca y Mg, pero muy bajo porcentaje de Na y K. Tanto el nivel de N como P es alto, no son salinos prosperan cualquier tipo de cultivo.

7. Existe un alto contenido de M.O solo en los horizontes superficiales de los suelos, y constante baja a superficies inferiores decrece de manera regular el porcentaje hasta mostrar evidencia de bajo contenido de M.O en toda la zona de estudio.

8. Aplicando las claves de la Taxonomía de los Suelos, décima edición 2006, los suelos de las tres unidades fueron clasificadas como Inceptisoles, al no cumplir con los requisitos para estar dentro de los otros ordenes, y presentar suelos relativamente jóvenes, con la presencia de un epipedón ócrico y endopedón argílico, con cutanes (argilanes), que recubren las caras de los peds, de la estructura de los suelos, estas 3 unidades son:

- Vertic Calciustepts
- Vertic Haplustepts
- Typic Haplustepts

9. Las áreas que no fueron tomadas en cuenta en el estudio, debido a que corresponden a parte de la infraestructura: oficinas, almacén, invernaderos, reservorios de agua; hacen un total de 3.21 Ha, esta no formo parte del área de estudio; sin embargo fueron codificadas con su respectivo símbolo cartográfico, en el mapa de suelos.

4.2 RECOMENDACIONES

En general se dan las siguientes recomendaciones:

Con el Balance Hídrico; se observó un déficit de tres meses consecutivos (julio, agosto y septiembre); en el que los suelos; permanecen secos y la atmósfera no satisface ni al 60% de lo requerido, es en este sentido que se recomienda: hacer programas de riego y tener elementos de control de agua como ajustar las superficies cultivadas a la dotación de agua disponible; en la medida de lo posible mejorar la eficiencia del riego mediante la tecnificación.

Para los Suelos con alta presencia de carbonatos en los horizontes 2 y 3, se hizo pruebas de salinidad al constatar que se deben al aumento de iones de Ca (30 - 50 meq/100 g s.s) mas no de Na; no se considera del todo desfavorable ni toxico para los cultivos; recomendando solo la aplicación de fertilizantes potásicos para liberar otros nutrientes bloqueados por el alto contenido de Ca.

Para los Suelos que presentan una ligera pedregosidad, en la superficie y en todo su espesor; dificultando de esta manera el laboreo se recomienda: el uso de sistemas radiculares superficiales no tan profundos, evitando cultivos de hortalizas de raíz; añadir abonos verdes o estiércol en abundancia y un buen programa de fertilización

según los frutales que se vayan a establecer; para mejorar su estructura; y el arado debe ser siempre superficial minimizando lo más posible el uso de maquinaria agrícola pesada.

Para los Suelos con texturas finas arcillosas a muy arcillosas, alta retención de humedad, baja porosidad, dificultando de esta manera el ingreso de las aguas de lluvias, promoviéndose así la escorrentía superficial y por tanto siendo más propenso a degradarse. Se recomienda para su manejo realizar prácticas adecuadas de laboreo; debe tener una preparación en condiciones óptimas de humedad, para evitar así la formación de bancos de terrones y así el mullimiento del suelo sea el adecuado para el desarrollo de los diferentes cultivos. Realizar rotaciones de cultivos con diferentes sistemas radiculares que permitan explorar diferentes profundidades, con el fin de promover el aumento de porosidad en la estructura de los suelos.

Los suelos de la estación, tienen muy alta CIC, lo que supone una buena capacidad de retención de iones nutrientes (Ca, Mg, K, Na), la relación del % SB es mayor al 80%, lo que indica que los suelos no son ácidos al contrario tienen un pH que va de neutro a moderadamente alcalino; podemos relacionar su alta CIC con el elevado porcentaje de arcillas y M.O encontrada en los mismos. El contenido de P en los horizontes superficiales es muy alto, al ser arcillosos la fijación de este nutriente es alta, sin embargo, el pH básico puede volverse un factor limitante, lo que hace que este se solubilice lentamente para los cultivos. Se recomienda bajar el pH para que este pueda movilizar grandes cantidades de P aprovechable que si existe en el suelo.

El contenido de K es muy bajo, pero al tener una Alta CIC, hace que tenga menores pérdidas, se observó que el Ca y Mg es muy alto; siendo este el motivo por el cual los porcentajes de Na y K tiene niveles bajos en los suelos; ya que estos los bloquean. Lo que se recomienda es la utilización de fertilizantes potásicos: teniendo en cuenta que

para que estos estén disponibles para los cultivos, se requiere una aplicación localizada en la zona radicular y en tiempos adecuados. La cantidad debe ser exacta para evitar daños a la planta por toxicidad, el Mg siempre debe estar en cantidades que superen al K, ya que este bloquea al Mg. Se debe monitorear el contenido de Na, que es bajo, siempre teniendo en cuenta que el K supere a este en cantidad.

El contenido de M.O es alto en los horizontes superficiales de los suelos dentro de la Estación, esto debido al buen manejo de la enmienda orgánica que se da en el mismo.