

## REVISION BIBLIOGRAFICA

### 1.1 El Paisaje

Se entiende por paisaje “cualquier parte del territorio, tal como es percibida por las poblaciones, cuyo carácter resulta de la acción de factores naturales” (Convención Europea del Paisaje, firmada en Florencia en 2000 y ratificada por España en 2008,)

La delimitación del paisaje es “una herramienta básica de integración de la información territorial” además es un área homogénea de terreno con propiedades análogas y respuesta similar ante la introducción de determinadas actuaciones específicas También es considerado unidad homogénea donde:

Clima

Relieve (topografía)

Material parental

Organismos

Tiempo

Earl R, (1980)

#### **Tipos de paisajes**

Montañas en lutitas

Montañas en limolitas

Piedemonte aluvial

Piedemonte coluvial

Piedemonte diluvial

Llanura fluvio-lacustre

### **Paisajes en llanuras aluviales**

- Terrazas aluviales recientes
- Llanura aluvial de inundación
- Llanura aluvial de desborde
- Terraza aluvial
- Terrazas aluviales subrecientes
- Talud

Earl R, (1980)

### **1.2 El Suelo**

Se denomina suelo a la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que proviene de la desintegración o alteración física y química de las rocas y de los residuos de las actividades de seres vivos que se asientan sobre ella.

El suelo puede ser considerado como una determinada combinación de sus factores formadores. Esta concepción del suelo fue expresada por primera vez por Jenny en 1941 según la siguiente ecuación:

$$S = f(\text{cl}, \text{o}, \text{r}, \text{p}, \text{t}).$$

Representando "S" al suelo

"f" es una función

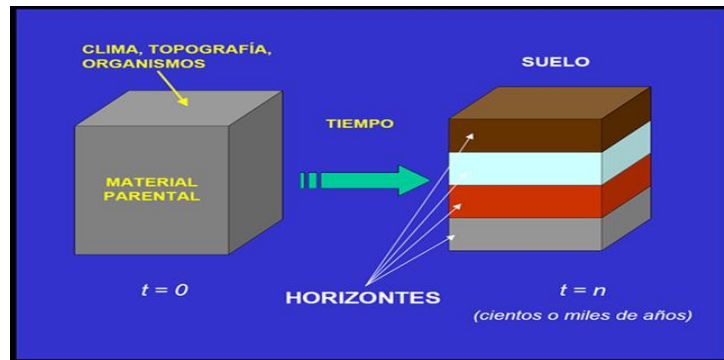
"cl" = clima

"o" = organismos

"r" = relieve

"p" = roca madre

"t" = tiempo



Los suelos se forman por la combinación de cinco factores interactivos: material parental, clima, topografía, organismos vivos y tiempo.

Los suelos constan de cuatro grandes componentes: materia mineral, materia orgánica, organismos vivos y la relación agua/aire

Los constituyentes minerales (inorgánicos) de los suelos normalmente están compuestos de pequeños fragmentos de roca y minerales de varias clases. Las cuatro clases más importantes de partículas inorgánicas son: grava, arena, limo y arcilla. (Vera y Moreira (1993)

El suelo es considerado como uno de los recursos naturales más importantes, de ahí la necesidad de mantener su productividad, para que a través de él y las prácticas agrícolas adecuadas se establezca un equilibrio entre la producción de alimentos y el acelerado incremento del índice demográfico. (Belalcazar et al, 1991)

El suelo es esencial para la vida, como lo es el aire y el agua, y cuando es utilizado de manera prudente puede ser considerado como un recurso renovable. Es un elemento de enlace entre los factores bióticos y abióticos y se le considera un hábitat para el desarrollo de las plantas.

El suelo ofrece un soporte para la producción vegetal y proporciona indirectamente la energía térmica necesaria para el cumplimiento de los procesos vegetales, lo mismo que el agua y la atmósfera necesaria para la respiración mediante la provisión de O<sub>2</sub>. Además

provee los nutrientes indispensables para el crecimiento vegetal. La mayor parte del tejido vegetal se origina de compuestos simples, como CO<sub>2</sub> de la atmósfera y agua del suelo. (Thurston, 1997)

Gracias al soporte que constituye el suelo es posible la producción de los recursos naturales, por lo cual es necesario comprender las características físicas y químicas para propiciar la productividad y el equilibrio ambiental (sustentabilidad)

Los suelos son sistemas complejos donde ocurren una vasta gama de procesos físicos y biológicos que se ven reflejados en la gran variedad de suelos existentes en la tierra.

Son muchos los procesos que pueden contribuir a crear un suelo particular, algunos de estos son: la deposición eólica, sedimentación en cursos de agua, meteorización, y deposición de material orgánico. (Burle *et al.* 1997).

## **1. Condiciones climáticas**

El clima es un factor determinante en la formación del suelo. Cambios de temperatura, lluvias y vientos contribuyen al desgaste de la roca madre. Igualmente, el clima influye en la existencia de las plantas, que sujetan el suelo y le aportan materia orgánica. Cuando la temperatura aumenta, es mayor la actividad de los microorganismos. Por esta razón, la materia orgánica del suelo se descompone con más rapidez en los trópicos, liberando los nutrientes.

La lluvia y el viento son los principales agentes climáticos que causan erosión por arrastre del suelo. Transportan partículas de tierra que se sedimentan en las zonas bajas.

El clima de una región puede cambiar por la degradación de un bosque o por la forestación, por la construcción de obras de riego o por tormentas de polvo (por ejemplo, cuando se produce la erupción de un volcán).

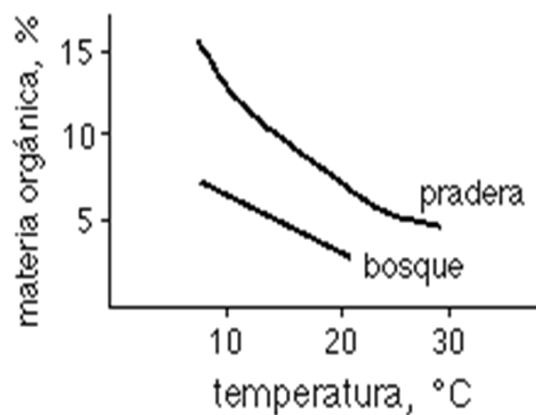
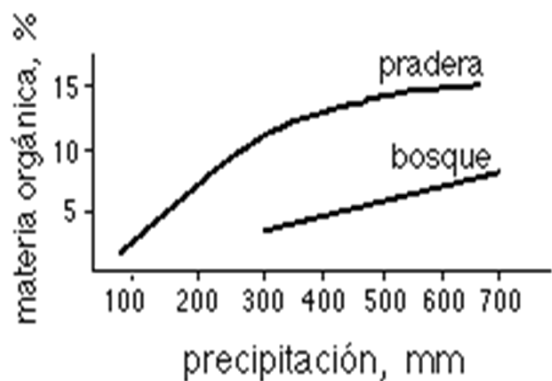
La vegetación proporciona sombra al suelo, disminuyendo la pérdida de humedad y evitando los bruscos cambios de temperatura. La transpiración de las hojas evapora

lentamente en la atmósfera el agua que captan las raíces. En zonas de nieblas, las diminutas gotas se depositan sobre las hojas de los grandes árboles y se deslizan hacia el suelo.

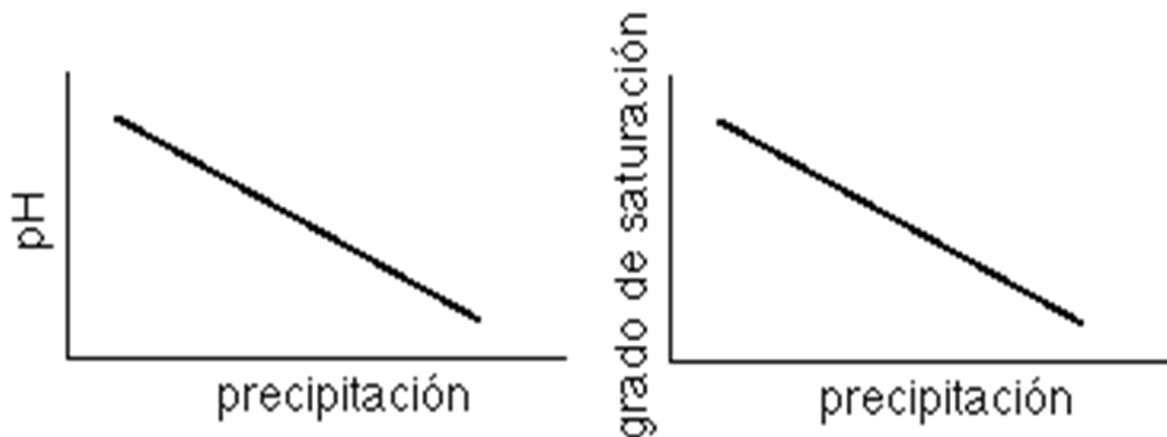
Los bosques y las cortinas rompe vientos atenúan la fuerza del viento. De esta manera, protegen los cultivos de la desecación y filtran el polvo. (Luis Zérega 1982)

El agua que se evapora de la superficie de embalses y canales de riego aumenta la humedad contenida en la atmósfera. Además, la nueva vegetación que crece con el riego también libera humedad por la transpiración de sus hojas. Esta humedad, a su vez, reduce la diferencia de temperatura entre el día y la noche.

Igualmente se encuentra una marcada relación entre los elementos climáticos con el contenido en materia orgánica y su grado de evolución.



Influencia del clima en el pH y la saturación de bases



Factors of soil formation, Jenny 1941

### 1.3 Entidades básicas del suelo

#### 1.3.1 Pedón

Para estudiar, describir y muestrear un individuo suelo se delimita de forma arbitraria un volumen mínimo. El Soil Survey Staff (S.S.S) utiliza como unidad mínima de descripción y muestreo el Pedón, lo que permite emplear métodos estadísticos y determinar la pureza de un mapa de suelos.

Según Cortez (1984), el Pedón es el ente que se describe y muestra cuando se esta haciendo una descripción de suelos; tiene el área mas pequeña en la que se debe describir y muestrear el suelo, con el objeto de representar la naturaleza y el arreglo de sus horizontes y la variabilidad en otras propiedades.

#### 1.3.2 Polipeton

El conjunto de pedones contiguos y similares que tienen propiedades que oscilan dentro de los límites de las propiedades conceptuales de una serie de suelos para la clasificación (Soil Survey Staff, 1975). Cuando se elabora un mapa de suelos a escala grande (detallado) generalmente se localizan y se representan gráficamente los limites de los polipedones; al

considerar el polipredon como una unidad de suelo para efectos de clasificación se lo esta concibiendo como el cuerpo real del suelo.

#### **1.4 Calicata**

Las calicatas son un método de prospección empleada para facilitar el reconocimiento geotécnico, estudios edafológicos o podológicos de un terreno. Son excavaciones de profundidad pequeña a media, realizadas normalmente con pala retroexcavadora.

Las calicatas permiten la inspección directa del suelo que se desea estudiar y, por lo tanto, es el método de exploración que sirve para la obtención y descripción del perfil del suelo dando así información más confiable y completa. En suelos con grava, la calicata es el único medio de exploración que puede entregar información confiable, y es un medio muy efectivo para exploración y muestreo de suelos de fundación y materiales de construcción a un costo relativamente bajo. (Porta, López y Roquero, 1999)

Es necesario registrar la ubicación y elevación de cada calicata, las que son numeradas según la ubicación. Si una calicata programada no se ejecuta, es preferible mantener el número de la calicata en el registro como "no realizado" en vez de volver a usar el número en otro lugar, para eliminar confusiones. La profundidad está determinada por las exigencias de la investigación pero es dada, generalmente, por el nivel freático.

La sección mínima recomendada es de 0,80 m por 1,00 m, a fin de permitir una adecuada inspección del perfil. El material excavado deberá depositarse en la superficie en forma ordenada separado de acuerdo a la profundidad y horizonte correspondiente. Debe desecharse todo el material contaminado con suelos de estratos diferentes. Se dejarán plataformas o escalones de 0,30 a 0,40 metros al cambio de estrato, reduciéndose la excavación. Esto permite una superficie para efectuar la determinación de la densidad del terreno. Se deberá dejar al menos una de las paredes lo menos re moldeada y contaminada posible, de modo que representen fielmente el perfil estratigráfico de la calicata. En cada

calicata se deberá realizar una descripción visual o registro de estratigrafía comprometida. (Porta, López y Roquero, 1999)

Las calicatas permiten:

- Una inspección visual del terreno "in situ".
- Identificar y describir las características físicas del suelo
- Toma de muestras.
- Realización de algún ensayo de campo.

## **1.5 Perfil del suelo**

### **1.5.1 Horizonte maestro**

Los horizontes u horizontes maestros del perfil del suelo se identifican con base en sus características morfológicas (color, espesor, etc.), biológicas (presencia de microorganismos, raíces, etc.), químicas (presencia de sales y composición), físicas (tipo y desarrollo de estructura, etc.) y mineralógicas (tipo, distribución y contenido de arcillas). (Cortez 1975)

Los horizontes maestros del perfil del suelo se designan con las letras O,A,E, B y C. A cada horizonte se le asocia un conjunto de características específicas.

El perfil es un corte vertical del suelo desde la superficie hasta la roca no alterada, en la que se pueden distinguir varios horizontes. Los horizontes son capas de suelo paralela a la superficie, con características homogéneas y propias en u espesor, color composiciones y estructuras físicas, químicas, biológicas y minerales, que se agrupan en extracto desde la superficie hacia el interior de la tierra. Estas se clasifican en orden alfabético, de la siguiente manera:



HORIZONTE A: es el horizonte superior, regularmente compuestos de humus (material negro, producto de la descomposición, por parte de los microorganismos, de restos de plantas y animales). En este horizonte el agua juega un papel importante de humedecimiento del suelo, contribuyendo con su fertilidad. (Cortez 1975)

HORIZONTE B: es donde la roca madre se altera y se acumulan las partículas que originan el suelo.

HORIZONTE C: es la roca madre no alterada, a partir de la cual se formara el suelo.

### **1.5.2 Horizontes de transición**

Se presentan cuando el límite entre los horizontes inmediatos es muy difuso, existiendo una capa ancha de transición con características intermedias entre los dos horizontes. Se representan por la combinación de dos letras mayúsculas (p.ej., AE, EB, BE, BC, CB, AB, BA, AC y CA). La primera letra indica el horizonte principal al cual se parece más el horizonte de transición. (Mejía 1985)

### **1.5.3 Horizontes mezclados**

En algunas ocasiones aparecen horizontes mezclados que constan de partes entremezcladas. Están constituidos por distintas zonas en cada una de las cuales se puede identificar a un horizonte principal (en la misma capa existen trozos individuales de un horizonte completamente rodeados de zonas de otro horizonte). Se designan con dos letras mayúsculas separadas por una raya diagonal (p.ej. E/B, B/C); la primera letra indica el horizonte principal que predomina. (Mejía 1985)

## **1.6 Clasificación de los suelos**

La clasificación de suelos es una categorización de tierras basado en características distintivas y en criterios de uso. Una clasificación de suelos es muy dinámica, en sí mismo de la estructura del sistema, a las definiciones de clases, y finalmente en la aplicación a campo.

El suelo se clasifica según su textura: fina o gruesa, y por su estructura: floclada, agregada o dispersa, lo que define su porosidad que permite una mayor o menor circulación del agua, y por lo tanto la existencia de especies vegetales que necesitan concentraciones más o menos elevadas de agua o de gases.

El suelo también se puede clasificar por sus características químicas, por su poder de absorción de coloides y por su grado de acidez (pH), que permite la existencia de una vegetación más o menos necesitada de ciertos compuestos.

Los suelos no evolucionados son suelos brutos, muy próximos a la roca madre y apenas tienen aporte de materia orgánica. Son resultado de fenómenos erosivos o de la acumulación reciente de aportes aluviales. De este tipo son los suelos polares y los desiertos, tanto de roca como de arena, así como las playas.

Los suelos poco evolucionados dependen en gran medida de la naturaleza de la roca madre. Existen tres tipos básicos: ránker, rendzina y los suelos de estepa. Los suelos ránker son más o menos ácidos, como los suelos de tundra y los alpinos. Los suelos rendzina se forman sobre una roca madre carbonatada, como la caliza, suelen ser fruto de la erosión y son suelos básicos. Los suelos de estepa se desarrollan en climas continentales y mediterráneo subárido. El aporte de materia orgánica es muy alto. Según sea la aridez del clima pueden ser desde castaños hasta rojos.

En los suelos evolucionados encontramos todo tipo de humus, y cierta independencia de la roca madre. Hay una gran variedad y entre ellos se incluyen los suelos de bosques templados, los de regiones con gran abundancia de precipitaciones, los de climas templados

y el suelo rojo mediterráneo. En general, si el clima es propicio y el lugar accesible, la mayoría de estos suelos están hoy ocupados por explotaciones agrícolas.

Sobre los materiales del coluvión, puede desarrollarse lo que comúnmente se conoce como suelo; el suelo es el resultado de la dinámica física, química y biológica de los materiales alterados del coluvión, originándose en su seno una diferenciación vertical en niveles horizontales u horizontes. En estos procesos, los de carácter biológico y bioquímico llegan a adquirir una gran importancia, ya sea por la descomposición de los productos vegetales y su metabolismo, por los microorganismos y los animales zapadores.

El conjunto de disciplinas que se abocan al estudio del suelo se engloban en el conjunto denominado Ciencias del Suelo, aunque entre ellas predomina la edafología e incluso se usa el adjetivo edáfico para todo lo relativo al suelo. El estudio del suelo implica el análisis de su mineralogía, su física, su química y su biología. (Zérega, Díaz, Mora, 1999).

### **1.7 Caracterización de los suelos**

Es el acto de determinar los atributos peculiares de una cosa para diferenciarla de las demás (P. García S.A.1974). (Black 1958), sostiene que caracterización de suelos es el conocimiento y evaluación de las diferentes características morfológicas, físicas y químicas con el objeto principal de proveer información básica y una apreciación del valor y limitantes de varios tipos de evaluaciones para el crecimiento de las plantas.

Entre las características mencionadas, todas o la mayoría constituyen el contenido podológico de una determinada unidad de mapeo, la descripción, interpretación y evaluación de ese contenido podológico (Elbersen, G.W.W. 1974) en resumen, cada suelo

es una combinación única de características externas e internas con un alineamiento de expresiones que pueden ser observadas en el campo y estudiadas en el laboratorio.

### **1.7.1 Características del suelo**

Los suelos se diferencian por sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

#### **1.7.1.1 Características externas**

Son aquellas que se pueden percibir fácilmente con un reconocimiento de de la zona de estudio y son las siguientes.

##### **1. Pendiente o desnivel**

Se entiende como por tanto por ciento de pendiente al número de metros de caída por cada cien metros de distancia o su proporción. Así, un suelo con 8 por ciento de pendiente, tiene 8 metros de caída en 100 metros de distancia u 8 centímetros en un metro.

El declive es importante por sus efectos en la erosión y el uso de la maquinaria agrícola. No es muy difícil, con un poco de práctica estimar, con bastante exactitud, el declive que tiene un predio. (Jácome, 1998; Fages, 1995).

Aunque algunos de estos últimos están tan inclinados, que a pesar de tener buenos suelos, no resulta práctico cultivarlos. El declive es la característica física que más se toma en consideración para clasificar un predio, acorde a su capacidad de producción.

Las pendientes largas permiten que el agua se acumule en pequeños surcos que se unen, hasta formar zanjones; en éstas, muchas veces es necesario construir canales de desviación a distancias apropiadas, lo que sirve para reducir la velocidad y volumen del agua y llevarla a sitios o mediante causes protegidos donde cause menos daño.

## **2. La erosión**

Es la degradación y el transporte del suelo o roca que producen distintos procesos en la superficie de la Tierra. Entre estos agentes está la circulación de [agua](#) o [hielo](#) , el [viento](#), o los cambios térmicos. La erosión implica movimiento, transporte del material, en contraste con la disgregación de las rocas, fenómeno conocido como [meteorización](#) y es uno de los principales factores del [ciclo geográfico](#). Puede ser incrementada por actividades humanas o antropogénicas. La erosión produce el relieve de los valles, gargantas, cañones, cavernas y mesas. (Proyecto Lucdeme, 1991)

## **3. Pedregosidad**

Las partículas minerales del suelo pueden ser clasificadas de diversas maneras. Así, por ejemplo, podemos emplear criterios mineralógicos, densidades, formas, volúmenes, etc. Sin embargo, el tamaño es una de las más comunes. De hecho, los triángulos texturales son indispensables para la caracterización y clasificación de los suelos. El problema estriba en que muchos de ellos también poseen gravas, cantos y bloques de gran tamaño. Estos últimos también son contemplados por los expertos, existiendo unos criterios para su descripción, a la par que otros de diagnóstico con vistas a dar cuenta de los suelos muy pedregosos en las taxonomías edafológicas. Generalmente, suele decirse que las piedras (clastos sería un vocablo más preciso), en el sentido más amplio del término, se comportan como “materiales inertes”. Sin embargo, el criterio básico que utilizamos mayoritariamente consiste en analizar las fracciones minerales de menor tamaño, es decir estimar los porcentajes de arena, limo y arcilla. Una vez conocidos, hacemos uso de los triángulos texturales aludidos. No obstante, con independencia de que los tamaños más gruesos sean considerados inertes, cabría objetar que tal calificativo es en cierta medida ambigua y contundente. (Michelena, 1988)

### **1.7.1.2 Características físicas del suelo**

#### **1. Profundidad**

La profundidad efectiva de un suelo es el espacio en el que las raíces de las plantas comunes pueden penetrar sin mayores obstáculos, con vistas a conseguir el agua y los nutrimentos indispensables. Tal información resulta ser de suma importancia para el crecimiento de las plantas. La mayoría de las últimas pueden penetrar más de un metro, si las condiciones del suelo lo permiten.

Un suelo debe tener condiciones favorables para recibir, almacenar y hacer aprovechable el agua para las plantas, a una profundidad de por lo menos del susodicho metro. En un suelo profundo las plantas resisten mejor la sequía, ya que a más profundidad mayor capacidad de retención de humedad. De igual manera, la planta puede usar los nutrimentos almacenados en los horizontes profundos del subsuelo, si éstos están al alcance de las raíces. (Ahenkorah, Halmy y Akrofi (1977),

Cualquiera de las siguientes condiciones puede limitar la penetración de las raíces en el suelo:

- Roca dura sana
- Cascajo (pedregosidad abundante)
- Agua (nivel, napa o manto freático cercano a la superficie)
- Tepetales

Con vistas a planificar su uso, los suelos pueden clasificarse en cuatro grupos, de acuerdo con su profundidad efectiva:

- Suelos profundos tienen un metro o más hasta llegar a una capa limitante.
- Moderadamente profundos tienen menos de un metro pero más de 0.60 m.
- Suelos poco profundos tienen menos de un metro pero más de 0.60 m.

- Suelos someros tienen menos de 0.25 m.

La profundidad de 0.60 m, es la mínima recomendable con vistas a la producción comercial de especies, tales como los cítricos. Esta determinación se puede hacer abriendo un perfil de al menos un metro de profundidad o haciendo uso de una barrena o sonda de suelos. (Profundidad efectiva y Capacidades de Uso del Suelo, Leon Artela)

## **2. Textura**

La textura del suelo está determinada por la proporción en la que se encuentran en una determinada muestra de suelo las partículas elementales de varias dimensiones que lo conforman. Una clasificación más detallada de los suelos se presenta en la tabla siguiente, la que da una primera indicación de las características de la constitución de los suelos. Y de la influencia que estas tienen en las propiedades de carácter agronómico de los mismos, como son la aeración del terreno, la permeabilidad, la capacidad de retención del agua, etc. Sin embargo, esta clasificación no tiene en cuenta la calidad y propiedad de determinados componentes del suelo, los cuales pueden provocar acciones determinantes sobre la dinámica del suelo mismo y sobre la relación agua – suelo. (INIAP 1982 y 1983).

Las propiedades físicas de los suelos dependen de la composición mineralógica, de la forma y del tamaño de las partículas que lo forman y del ambiente que los rodea. El tamaño, la forma y la composición química de las partículas determinan la permeabilidad, la capilaridad, la tenacidad, la cohesión y otras propiedades resultantes de la combinación de todos los integrantes del suelo.

## **3. Estructura**

La estructura del suelo se define por la forma en que se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla. Cuando las partículas individuales se agrupan, toman el aspecto de partículas mayores y se denominan agregados. La manera en que las partículas del suelo se agrupan en fragmentos mayores. Las partículas irregulares de aristas y vértices agudos dan lugar a una estructura en bloques con forma de nuez. Si las partículas son más o menos

esféricas, la estructura es granular. Algunos suelos tienen estructura prismática o en columnas, formada por prismas o columnas verticales de tamaño comprendido entre 0,5 y 10 centímetros.

La estructura laminar consiste en trozos planos en posición horizontal. La estructura influye en la proporción de agua que es absorbida por el suelo, en la susceptibilidad del suelo a la erosión y en la facilidad de cultivo.

#### **4. Color**

El color del suelo es una de las características morfológicas más importantes, es la más obvia y fácil de determinar, permite identificar distintas clases de suelos, es el atributo más relevante utilizado en la separación de horizontes y tiene una estrecha relación con los principales componentes sólidos de este recurso. El objetivo de este trabajo es destacar el significado del color del suelo, así como las relaciones que él tiene con condiciones edáficas particulares. Se describen los sistemas más empleados en la designación del color, siendo el Sistema Munsell el de mayor uso.

Los factores que influyen en la apreciación del color son la calidad e intensidad de la luz, la rugosidad de la superficie reflectora y la humedad de la muestra. El color del suelo es complejo, la medición se realiza mediante la comparación de la muestra con las plaquitas de colores que componen cada una de las hojas de Hue (matiz). Se evalúa el color predominante (color de la matriz del suelo), que se corresponde con el que ocupa más del 50% del volumen del suelo. Cuando existen varios colores, donde ninguno de ellos corresponde a más del 50% del volumen, se determinan todos los colores, comenzando con el que ocupa el mayor porcentaje.

El color puede ser utilizado como una clave del contenido de ciertos minerales en el suelo, fundamentalmente minerales férricos ya que ellos proveen la mayoría y la mayor variedad de pigmentos al suelo. Se describe la variedad de colores (negro, rojo, amarillo, marrón, gris, entre otros) sobre la base del origen de los pigmentos y su relación con determinadas condiciones ambientales. (Jácome, 1998; Fages, 1995).



#### **4. Porosidad (Po)**

Como consecuencia de la textura y estructura del suelo tenemos su porosidad, es decir su sistema de espacios vacíos o poros.

Los poros en el suelo se distinguen en: macroscópicos y microscópicos.

Los primeros son de notables dimensiones, y están generalmente llenos de aire, en efecto, el agua los atraviesa rápidamente, impulsada por la fuerza de la gravedad. Los segundos en cambio están ocupados en gran parte por agua retenida por las fuerzas capilares.

Los terrenos arenosos son ricos en macro poros, permitiendo un rápido pasaje del agua, pero tienen una muy baja capacidad de retener el agua, mientras que los suelos arcillosos son ricos en micro poros, y pueden manifestar una escasa aeración, pero tienen una elevada capacidad de retención del agua. (Azevedo et al, 1998)

#### **5. Densidad aparente (Da)**

Se refiere al peso por volumen del suelo, y está en relación a la porosidad. Un suelo muy poroso será menos denso; un suelo poco poroso será más denso. A mayor contenido de materia orgánica, más poroso y menos denso será el suelo. (Américo J. Hossne G.2008)

#### **6. Aireación**

Se refiere al contenido de aire del suelo y es importante para el abastecimiento de oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono en el suelo. La aireación es crítica en los suelos anegados. Se mejora con la labranza, la rotación de cultivos, el drenaje, y la incorporación de materia orgánica. (Américo J. Hossne G.2008)

## **7. Capacidad de campo (CC)**

La Capacidad de Campo (CC) es el contenido de agua o humedad que es capaz de retener el suelo luego de saturación o de haber sido mojado abundantemente y después dejado drenar libremente, evitando pérdida por evapotranspiración hasta que el Potencial hídrico del suelo se estabilice (alrededor de 24 a 48 horas después de la lluvia o riego). (1922 Israelson y West.1)

Corresponde aproximadamente al contenido de agua que retiene una muestra de suelo saturada y luego sometida a una tensión de  $-0,33$  bares. Aunque es dependiente del tipo de suelo que tan representativo de la realidad sea este método de laboratorio, por lo que otros autores han propuesto diferentes tensiones para diferentes suelos. (Richards y Weaver, 1944)

## **8. Punto de marchitez permanente (Pmp)**

El punto de marchitamiento permanente es el punto de humedad mínima en el cual una planta no puede seguir extrayendo agua del suelo y no puede recuperarse de la pérdida hídrica aunque la humedad ambiental sea saturada. (Richards y Weaver, 1944)

### **1.7.1.3 Características químicas del suelo**

#### **1. pH**

El pH del suelo es una medida de la acidez o alcalinidad en los suelos. El pH se define como el logaritmo (base 10) negativo de la actividad de los iones hidronio ( $H^+$

o, más precisamente,  $H_3O^{+aq}$ ) en una solución. El índice varía de 0 a 14, siendo 7 neutro. Un pH por debajo de 7 es ácido y por encima de 7 es básico (alcalino).

El pH del suelo es considerado como una de las principales variables en los suelos, ya que controla muchos procesos químicos que en este tienen lugar. Afecta específicamente la disponibilidad de los nutrientes de las plantas, mediante el control de las formas químicas de los nutrientes. El rango de pH óptimo para la mayoría de las plantas oscila entre 5,5 y 7,

1 sin embargo muchas plantas se han adaptado para crecer a valores de pH fuera de este rango.

(Manual práctico para la interpretación de suelos, Jorge Villarroel 1988)

## **2. Conductividad eléctrica (CE)**

La conductividad eléctrica se utiliza para determinar la salinidad (contenido de sales) de suelos y substratos de cultivo, ya que se disuelven éstos en agua y se mide la conductividad del medio líquido resultante. Suele estar referenciada a 25 °C y el valor obtenido debe corregirse en función de la temperatura. Coexisten muchas unidades de expresión de la conductividad para este fin, aunque las más utilizadas son dS/m (deciSiemens por metro), mmhos/cm (milimhos por centímetro) y según los organismos de normalización europeos mS/m (miliSiemens por metro). El contenido de sales de un suelo o substrato también se puede expresar por la resistividad. (Jorge Villarroel, 1988).

## **3. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)**

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es la capacidad que tiene un suelo para retener y liberar iones positivos, merced a su contenido en arcillas y materia orgánica. Las arcillas están cargadas negativamente, por lo que suelos con mayores concentraciones de arcillas exhiben capacidades de intercambio catiónico mayores. A mayor contenido de materia orgánica en un suelo aumenta su CIC. . (Jorge Villarroel, 1988).

## **4. Nutrientes del suelo**

La cantidad de nutrientes que contiene el suelo va a determinar el potencial que tiene este para alimentar los cultivos que se desarrollarán sobre él. El hecho de cultivar hace que se agoten los nutrientes del suelo que pasan a formar parte de las plantas. Por eso es necesario fertilizar el suelo, para reponer los nutrientes que han sido extraídos. (Kuno, et al, 1982).

Se suelen clasificar los nutrientes en Macro y Micronutrientes bajo un criterio de cantidad que precisan los cultivos de cada uno de ellos y su presencia en las plantas, pero no

debemos pensar que los micronutrientes, por necesitar menos cantidad, son menos importantes para el desarrollo correcto de los cultivos.

Las deficiencias en micronutrientes se tienen poco en cuenta, por el contrario, se presta más atención a los macronutrientes NPK (Nitrógeno, Fósforo y Potasio), dando como resultado carencias importantes, daños en cosechas, malos desarrollos en los cultivos. De ahí que también se denominen a los micronutrientes como oligoelementos (poca cantidad pero imprescindibles). (Kuno, et al, 1982).

## **5. Macronutrientes**

**Nitrógeno (N):** Es el nutriente que favorece el desarrollo de la parte aérea de las plantas y proporciona el color verde a las hojas. Por lo tanto las deficiencias en Nitrógeno derivan en cultivos de plantas débiles, pálidas con lo cual la productividad del cultivo queda mermado.

**Fósforo (P):** Es un nutriente importante por estar implicado en numerosas funciones en las plantas. Podemos destacar, entre todas ellas, que es el componente esencial en las enzimas vegetales implicadas en la transferencia de energía de los procesos metabólicos, presente en los ácidos nucleicos, azúcares y ácido fítico, participa en la fotosíntesis y respiración, es un componente esencial en la membrana celular, favorece el desarrollo radicular, durante la floración favorece la maduración de los frutos, Cuando este es deficiente, la planta es más débil, no crece al mismo ritmo, no desarrolla sus raíces, se retrasa la floración y la maduración de los frutos y las plantas son menos resistentes al frío. (Marcelo Ferrando, 2013)

**Potasio (K):** También es muy importante en el metabolismo de las plantas. Controla la respiración abriendo y cerrando los estomas y actuando sobre los cloroplastos, en la fotosíntesis. Participa en la movilización de los azúcares desde las hojas a zonas de almacenaje (semillas, tubérculos, etc.). Mejora el sabor de los frutos, aumenta la resistencia de las plantas a enfermedades, parásitos y heladas. Cuando el potasio es deficiente, toda la planta está flácida y las hojas parecen viejas y se amarillean desde los bordes. Las plantas

suele romper o partir por culpa de la flacidez y son más propensas a enfermedades. (Marcelo Ferrando, 2013)

**Calcio (Ca):** Es un nutriente necesario para que la planta pueda absorber otros nutrientes. Forma parte de la estructura de la pared celular vegetal. Forma parte de enzimas vegetales y Fito hormonas. Favorece la resistencia a altas temperaturas. También mejora la resistencia a enfermedades y afecta a las propiedades organolépticas de los frutos.

**Magnesio (Mg):** El magnesio participa en todas las reacciones químicas del metabolismo de las plantas, especialmente en los procesos de fosforilación y energía. También forma parte de la pared celular vegetal y ayuda a la acumulación de vitamina C y ácido cítrico, valorado en frutos y verduras.

**Azufre (S):** Cuando hay azufre, mejoran las funciones del nitrógeno. Vital en la síntesis de proteínas, en las reacciones enzimáticas del metabolismo energético y de ácidos grasos. Componente de la vitamina B1 y forma parte de sustancias que la planta posee como defensa.

## **6. Micronutrientes**

Consideramos micronutrientes a los elementos esenciales cuya concentración en planta es menor a 0.1% en peso seco. Actualmente se consideran micronutrientes a los siguientes elementos: Hierro, Manganeso, Zinc, Cobre, Boro, Molibdeno, Cloro, Níquel.

Los micronutrientes presentan dos características generales que les diferencian de los macronutrientes:

El orden de magnitud de las concentraciones de micronutrientes en los tejidos vegetales es significativamente inferior a los de los macronutrientes.

Los micronutrientes no participan en procesos que dependen de concentración, como los osmóticos, pH, antagonismo catiónico. Una excepción es el cloro que puede tener un papel osmótico. Tampoco suelen desempeñar funciones estructurales, a excepción del boro en la pared celular. (Marcelo Ferrando, 2013)

Los micronutrientes metálicos (Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, Ni) tienen algunas características en común:

- Son metales de transición, con el orbital 3d sin completar y en el caso del molibdeno, el 4d, que pueden participar en la formación del enlace metálico, y tienden a dar cationes en condiciones ambientales.
- Son menos electropositivos que alcalinos y alcalinotérreos aunque se comportan también como ácidos de Lewis (aceptan pares de electrones). Por tanto, pueden formar complejos con Bases de Lewis o ligandos.

Las funciones de los micronutrientes metálicos en planta son más bien metabólicas, participando en la regulación enzimática, formando parte constitutiva de la enzima o actuando como coenzima, o en funciones redox.

#### **1.7.1.4 Características biológicas del suelo**

Las propiedades biológicas están asociadas a la presencia de materia orgánica y de formas de vida animal, tales como microorganismos, lombrices e insectos. Contribuyen a definir su capacidad de uso y su erodabilidad.

Las propiedades biológicas del suelo son muy importantes, ya que esta constituida por la micro fauna del suelo, como hongos, bacterias, nematodos, insectos y lombrices, los cuales mejoran las condiciones del suelo acelerando la descomposición y mineralización de la materia orgánica, además que entre ellos ocurren procesos de antagonismo o sinergia que permite un balance entre poblaciones dañinas y benéficas que disminuyen los ataques de plagas a las plantas. (Marcelo Ferrando, 2013)

- Estimulación de la actividad biológica por los microorganismos que contiene.- Estimulación del crecimiento vegetal.
- Descomposición de componentes minerales insolubles (fosfatos) para ponerlos a disposición De la planta.

- Transformación de nitrógeno soluble en nitrógeno orgánico (en el cuerpo de microorganismos) evitando su pérdida por lixiviación o como amoníaco en el aire.

## **1. Microorganismos**

Los microorganismos del suelo, son los componentes más importantes de este. Constituyen su parte viva y son los responsables de la dinámica de transformación y desarrollo. En un solo gramo de tierra, encontramos millones de microorganismos beneficiosos para los cultivos.

En desinfecciones severas, como las que se realizan en cultivos bajo plástico, anulamos muchos de estos microorganismos, que estaban de forma natural en el suelo.

## **2. Materia orgánica (Mo)**

La materia orgánica que contiene el suelo procede tanto de la descomposición de los seres vivos que mueren sobre ella, como de la actividad biológica de los organismos vivos que contiene: lombrices, insectos de todo tipo, microorganismos, etc. La descomposición de estos restos y residuos metabólicos da origen a lo que se denomina humus. En la composición del humus se encuentra un complejo de macromoléculas en estado coloidal constituido por proteínas, azúcares, ácidos orgánicos, minerales, etc., en constante estado de degradación y síntesis. El humus, por tanto, abarca un conjunto de sustancias de origen muy diverso, que desarrollan un papel de importancia capital en la fertilidad, conservación y presencia de vida en los suelos. A su vez, la descomposición del humus en mayor o menor grado, produce una serie de productos coloidales que, en unión con los minerales arcillosos, originan los complejos órgano minerales, cuya aglutinación determina la textura y estructura de un suelo. Estos coloides existentes en el suelo presentan además carga negativa, hecho que les permite absorber cationes  $H^+$  y cationes metálicos ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ) e intercambiarlos en todo momento de forma reversible; debido a este hecho, los coloides también reciben el nombre de complejo absorbente.

## MATERIALES Y METODOS

### 2.1 Características generales de la zona

#### 2.1.1 Ubicación

El presente trabajo de investigación fue realizado en La Comunidad de San mateo, se encuentra localizada a aproximadamente 3 km al noreste de la ciudad capital del departamento de Tarija, provincia Cercado con una superficie de 258.57 Ha, en donde la zona de estudio comprende una superficie de aproximada de 131 Ha. Perteneciente a la sub cuenca de Sella-Carachimayo Frente a la Sub cuenca San Lorenzo, en la margen izquierda del Guadalquivir.

Del punto de vista fisiográfico se localiza al margen izquierdo del rio Guadalquivir y la parte baja del rio Sella que corresponden al departamento de Tarija.

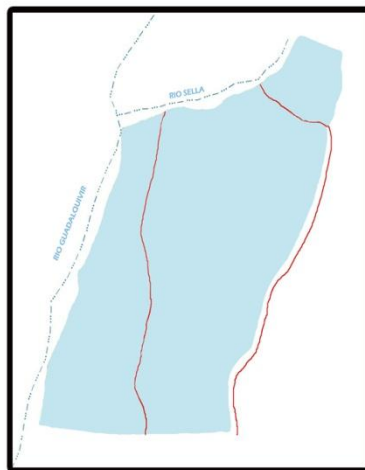
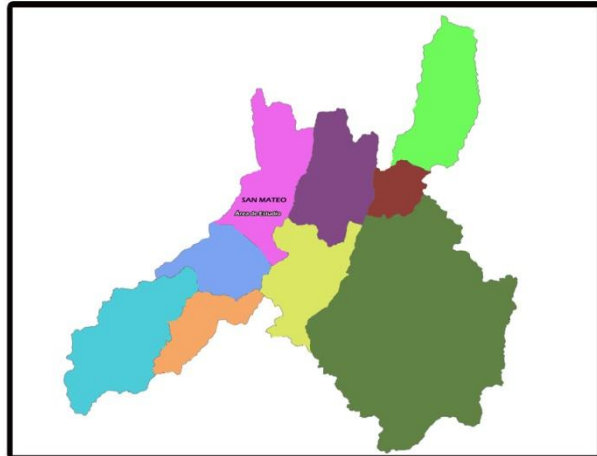
Geográficamente se encuentra entre las coordenadas 21° 47' de latitud Sur y 64° 47' de longitud Oeste y a una altura de 1950 msnm.


Los limites de esta comunidad son: **al norte:** con las comunidades de Moto Méndez y monte centro, **al sud:** con el camino antiguo a Tarija y con el parque de las barrancas. **al este:** con la comunidad monte centro y monte sud. **Al oeste:** con el rio Guadalquivir.

Para mejor entendimiento de la ubicación de la comunidad de San Mateo se recomienda ver el mapa de ubicación (mapa 1), que se anexa en la página siguiente.



# MAPA DE UBICACION DE LA COMUNIDAD DE SAN MATEO



	<p>UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS Y FORESTALES</p>	
<p>Tesis:</p> <p><b>Caracterización Física y Química de los Suelos de la Comunidad de San mateo</b></p>		
<p>Escala de trabajo</p> <p>1:14000</p>	<p>Mapa N°1</p> <p>MAPA DE UBICACION</p>	<p>Mayo 2015</p>

## 2.1.2 Clima

Según el SENAMHI, y el proyecto del ZONISIG, (2001), el Departamento de Tarija se ha identificado tres tipos de clima que son: Clima árido, clima semiárido, clima húmedo y clima sub húmedo. El clima correspondiente a la zona de estudio se caracteriza por ser templado árido, se encuentra en sitios aledaños al río Guadalquivir, más propiamente hacia el norte, sobre la llanura fluvio-lacustre de la parte central de la provincia Cercado entre los 1001 a 2000 msnm. La temperatura se encuentra dentro las Isotermas 14 – 19 ° C y dentro las Isoyetas 800 a 1100 mm. De acuerdo a los datos obtenidos de las estaciones climatológicas que se encuentran en la provincia la temperatura media anual de 14° C, la máxima media de 25.5° C, mínima de 9.4° C, se tiene en verano extrema máxima de 39.4° C, y extrema mínima de invierno de -8.6° C. La precipitación promedio anual de 683.8 mililitro por año, valores que pueden variar. (SENAMHI, 2009).

**Cuadro N° 1** Temperatura media de 14 años estación Sella Quebradas(colindante a San Mateo)

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	MEDIA
1991			17,8		17,4	15,1	14,7			17,8	18,5	21,3	
1992	18,7							14,1	15,8	18,8	18,1	19,6	
1993	19,1	17,0	18,5	18,7	16,8	15,4	13,4	15,2	16,0	19,4	19,4	19,5	17,4
1994	19,1	19,0	18,5	18,6	18,2	15,8	14,5	16,1	19,4	20,0	19,6	20,7	18,3
1995	20,0	19,1	18,9	17,7	15,3	16,6	16,4	17,3	17,2	18,7	19,1	19,3	18,0
1996	19,7	19,6	18,5	18,2	15,9	13,7	13,2	16,9	16,3	18,6	19,3	19,4	17,4
1997	20,5												
1998					14,1	13,7	13,6	15,0	16,0	18,3	18,8	18,6	
1999	18,7	19,3	18,7	15,4	14,0	11,6	11,7	14,3	18,0	16,4	16,5	18,7	16,1
2000	19,5	19,6	18,8	17,5	13,8	14,8	11,7	15,8	15,7	19,9	19,2	19,9	17,2
2001	19,8	19,1	18,9	17,8	13,8	12,0	14,4	16,9	17,0	19,2	19,9	18,7	17,3
2002	19,9	18,4	19,9	17,4	16,7	13,0	12,9	16,6	17,1	20,4	19,7	21,0	17,7
2003	20,3	20,4	18,7	17,4	16,7	15,7	13,4	14,1	17,6	19,7	20,7	21,1	18,0
2004	21,0	19,3	19,2	18,7	11,2	13,2	14,9	16,3	17,9	20,1	19,0	20,1	17,6
2005	20,0	18,4	18,7	18,6	18,1	17,5	14,2	17,4	14,6	19,1	20,4	20,7	18,1
2006	20,0	19,4	19,9	17,6	14,4	15,7	16,3	16,0	16,4		19,2	21,6	
2007	20,8	20,6	20,3	18,6	13,8	15,4	13,5	14,2	18,2	20,6	18,7	19,2	17,8
2008	19,0	18,1	17,7	16,5	13,5	11,8	14,7	15,0	14,8	18,4	19,0	17,8	16,4
2009	18,4	19,0	18,0	17,2	15,8	12,1	12,8	15,2	15,9	19,7	23,1	20,0	17,3
2010	19,9	20,1	19,9	16,7	14,2	14,0	11,2	14,4	18,4	17,7	18,8	20,7	17,2
2011	19,9	18,0	17,6	17,6	14,2	13,4	14,4	14,9	17,3	18,8	19,9	18,6	17,1
2012	18,8	18,9	18,6	18,0	16,0	13,0	13,2	16,0	19,2	19,6	19,6	22,1	17,8
2013	19,2	19,1	17,8	17,4	16,3	15,4	14,6	14,4	16,3	18,6	19,9	19,6	17,4
2014	18,9	18,8	18,4	17,6	15,1	14,5	12,8	15,8	19,4				
2015													
MEDIA	19,6	19,1	18,7	17,7	15,2	14,2	13,7	15,5	17,0	19,0	19,4	19,9	17,4

### **2.1.3 Geología**

Según ZONISIG, (2001), la provincia Cercado correspondería a la zona de la Cordillera Oriental y Valle Central de Tarija, este corresponde al Sistema Geológico del Cuaternario, la comunidad de San Mateo situada al noreste forma parte de la llanura fluvio-lacustre de la parte central de la provincia Cercado.

Según el estudio Hidrogeológico (HONORABLE ALCALDIA MUNICIPAL DE LA CIUDAD DE TARIJA 2006). No se han notado problemas significativos por salinidad ni por nivel de agua a poca profundidad; tampoco lo indican los antecedentes consultados.

Es muy común la presencia de gravas y piedras en la superficie, en diferentes grados de cubrimiento, razón por la cual en la clasificación por capacidad de uso sólo se la menciona en casos

Suelos de débil desarrollo texturas medias a finas (franco limoso a franco arcilloso); haciéndose arcillosas en profundidad; ubicadas en conos con relieve ondulado y más o menos disectado; pedregosidad moderada a fuerte profundidad moderada; ocasionalmente con afloramientos rocosos y extractos pedregosos a poca profundidad. Moderadamente bien drenados; con erosión moderada a fuerte.

### **2.1.4 Geomorfología**

La llanura del Valle Central de Tarija y donde se ubica la comunidad de San mateo se encuentra al noreste de la provincia cercado donde se pueden diferenciar las siguientes unidades o zonas geomorfológicas:

G1. Zona de río.- Comprende el lecho del río formado por barras de cause y el lecho menor del río Guadalquivir, así como alta influencia del cauce del río Sella sujeto a la dinámica aluvial de los citados ríos.

G2. Zona aluvial.- comprende una serie de terrazas aluviales medias y bajas conformando una llanura aluvial formada por un proceso de sedimentación por la dinámica fluvial de las aguas del río Guadalquivir.

G3. Zona fluvio-lacustre.- comprende la zona colinosa o inclinada de la comunidad de San Mateo, que forma parte de la antigua llanura fluvio-lacustre originada por un proceso de sedimentación en un ambiente de lago y que ahora tiene una fuerte presencia urbana.

### **2.1.5 Vegetación**

En la actualidad la vegetación nativa, corresponde a una vegetación secundaria compuesta por: xerofíticos secundarios, las especies características son churqui (*Acacia caven*), tusca (*Acacia aroma*); algunas especies arbóreas residuales del bosque original distribuidas de manera dispersa en los límites y cercanías de la comunidad como el sauce criollo (*Salix humboldtiana*) y molle (*Shinus molle*). En áreas afectadas por erosión severa, se presentan matorrales dispersos formados por (*Prosopis alpacato*) y algunos cardones o cactáceas (ZONISIG, 2000).

Entre las especies introducidas en la zona se tiene: Eucalipto (*Eucalyptus sp*), Álamo (*Populus alba*), Sauce llorón (*Salix babilónica*).

### **2.1.6 Uso Actual**

El uso actual de la tierra de la comunidad de San Mateo tiene características de uso intensivo y mixto, es decir, se siembra cultivos anuales a riego como maíz (Sea maíz), papa (*Solanum tuberosum*), una gran variedad de hortalizas, así como la introducción de cultivos perennes a riego como vid (*Vitis vinífera*), cultivos de forraje como alfalfa (*Medicago sativa*) y cebada (*Hordeum vulgare*), también esto en la zona de la terrazas media y baja, la zona de la terraza alta tiene un alto índice urbano con caminos asfaltados para un fácil acceso, cabe recalcar de numerosas instalaciones de criaderos de aves de corral en toda la zona.

### **2.1.7 Suelos**

Según el estudio Hidrogeológico (HONORABLE ALCALDIA MUNICIPAL DE LA CIUDAD DE TARIJA 2006). Los suelos se desarrollaron a partir de la deposición de sedimentos en forma periódica en el caso de las llanuras aluviales, de sedimentación continua de un antiguo lago en el caso de la llanura fluvio-lacustre y de la deposición acumulada de sedimentos con clastos de muy pobre selección, producto de la post-glaciación en el caso de las llanuras fluvio-glaciales.

Todas las llanuras presentan una estratificación horizontal demarcada, con mezclas de clastos sub redondeados. Se encuentran suelos desde poco hasta bien desarrollados, tanto calcáreos como también con iluviación de arcilla. Son moderadamente profundos a muy profundos, bien a moderadamente bien drenados, con texturas franco arenosas a franco arcillosas, frecuentemente con cantidades variables de fragmentos gruesos y con la estructura generalmente en bloques subangulares.

En general, las llanuras muestran signos de erosión laminar y en surco ligera a moderada, mientras en los badlands la erosión es severa a extrema en cárcavas y laminar. El pH varía de 7 a 9, la mayoría de los suelos no son salinos ni sódicos. El contenido de materia es bajo y la disponibilidad de nutrientes baja a muy baja

### **2.1.8 Hidrografía**

Hidrográficamente la comunidad de San mateo se ubica en el sector de afluentes directos al río Guadalquivir y en menor medida del río Sella recibiendo influencia de ambos ríos los mismos que son parte de la cuenca del valle central de Tarija.

### **2.1.9 Vías de comunicación**

La comunidad de San Mateo tiene una buena comunicación con la ciudad de Tarija debido a su cercanía, la cual está conectada por la carretera Panamericana la cual se divide poco antes de llegar a Tomatitas, la cual es la principal vía de acceso y une la comunidad de San Mateo a la ciudad de Tarija.

## **2.2 Materiales**

### **2.2.1 Materiales de campo**

- Mapa Geografico INRA a Esc: 1 : 14000
- Imagen de satelite
- GPS
- Wincha
- Picota
- Azada
- Pala
- Barreno
- Flexometro
- Bolsa de polietileno
- Tabla de colores de Munsell
- Formulario para la descripcion de perfiles
- Camara fotografica

### **2.2.2 Materiales de escritorio**

- Cuaderno y lapicera
- Tablero portapapeles
- Computadora, impresora
- Marcadores
- Calculadora

## **2.3 Metodología**

El método seleccionado se basa en observaciones, mediciones y determinación directas para identificación y descripción de los tipos de suelo y el grado de fertilidad que contienen, más concretamente en las características físicas y químicas.

Los diferentes procedimientos metodológicos se agrupan en las siguientes etapas.

### **2.3.1 Análisis Crítico y Selección de información Básica Existente**

Comprende la búsqueda de estudios realizados en la comunidad de San Mateo y de otros relacionados al tema en zonas adyacentes. Esta información corresponde a datos climáticos, suelos, geología, geomorfología, análisis físico químico de suelos, los que fueron tomados de distintas fuentes ya mencionadas en cada cita o fuente.

## **2.4 Reconocimiento general de los suelos y elaboración de mapa Base y de su ubicación**

Se realizó un recorrido completo por todo el área de estudio, para tener una idea clara de las características externas de los suelos y el paisaje, características fisiográficas, pendiente uso actual de la tierra.

La elaboración del mapa base y de su ubicación de la comunidad de San mateo se realizó a partir del mapa topográfico proveído por el Instituto Nacional de Reforma Agraria (INRA) con escala 1:14000 polígono de saneamiento N° 519. Así como también el uso de imágenes satelitales extraídas con la herramienta Google Earth y Google Maps.



#### **2.4.1 Mapa de uso actual del Suelo**

Se lo realizo a partir del mapa base y un levantamiento directo en el terreno mediante un recorrido de toda la comunidad, registrando y observando los diferentes usos que se otorga al predio, a este se lo añade su respectiva leyenda y de esta manera identificarlos.

#### **2.4.2 Elaboración del mapa Fisiográfico y leyenda**

Elaborado a partir del mapa base y un levantamiento directo mediante un recorrido de la comunidad se obtuvo un mapa fisiográfico preliminar con sus respectivas leyendas. Mediante criterios de relieve, pendiente y posiciones topográficas se la la delimitación de paisaje, sub paisaje y unidades fisiográficas presentes en la comunidad de San Mateo. Una vez realizado el procesamiento edafológico y obtener toda la información en el trabajo de campo, se realiza el procesamiento de datos, verificando el correcto llenado de formularios. Seguidamente se descodifica la información levantada para presentarla en un lenguaje claro y entendible.

#### **2.4.3 Elaboración del Mapa de suelos y su leyenda**

Como resultado de todo el trabajo realizado anteriormente, es decir la descripción detallada de los perfiles, mapa fisiográfico, mapa base criterios de relieve pendiente topografía así como características de los suelos se precede a la interpretación obteniéndose el mapa detallado de suelos, con su respectiva leyenda.

#### **2.4.4 Elaboración del Mapa de Fertilidad y su leyenda**

Se lo obtiene a partir del mapa de suelos tomando en cuenta las características más resaltantes físicas y químicas terminados los análisis de laboratorio que serán: Densidad aparente, Materia orgánica, la textura del suelo y el pH.

Estos parámetros servirán para delimitar las zonas de la comunidad con mejores tipos de suelos para los cultivos.

#### **2.5 Selección y Ubicación de sitios de los perfiles**

La selección y ubicación de los perfiles se lo realizó a través de un mapeo en transectos, teniendo en cuenta similitud morfológica, características externas, impedancia naturales y mecánica, variabilidad de relieve, pendiente que condicionan la imagen paisaje suelo, dichos perfiles están distribuidos en forma uniforme y representativa en los estratos de acuerdo al mapa preliminar de la comunidad.

#### **2.6 Descripción de perfiles detallados y toma de muestras**

Para la descripción de los perfiles detallados en sus características internas y externas se realizó empleando un manual de terreno y la plantilla de campo (anexo 2 tabla de microcalicatas). Primeramente se realizó la excavación de microcalicatas para delimitar y observar los tipos de suelos presentes en la zona de estudio con una profundidad mínima de 50 cm, 50 cm de largo y 50 cm de ancho, que está orientada a la luz solar del día.

Se identificaría los tipos de suelos y se describirían detalladamente cada perfil para determinar la zona más representativa de cada unidad de paisaje en donde posteriormente se realizó la excavación de una calicata en cada zona (terrace media y terrace baja), cuya dimensión fue de 1m. De ancho, 1.5 m. de largo y una profundidad de 1 m. orientada a la

luz solar del día, se procedió a tomar muestras de cada perfil comenzando de abajo hacia arriba teniendo cuidado de no mezclar las muestras que fueron alrededor de 1.5 kg. De peso de suelo representativo, que se al Servicio Departamental Agropecuario (SEDAG) para su análisis de sus características físicas y químicas.

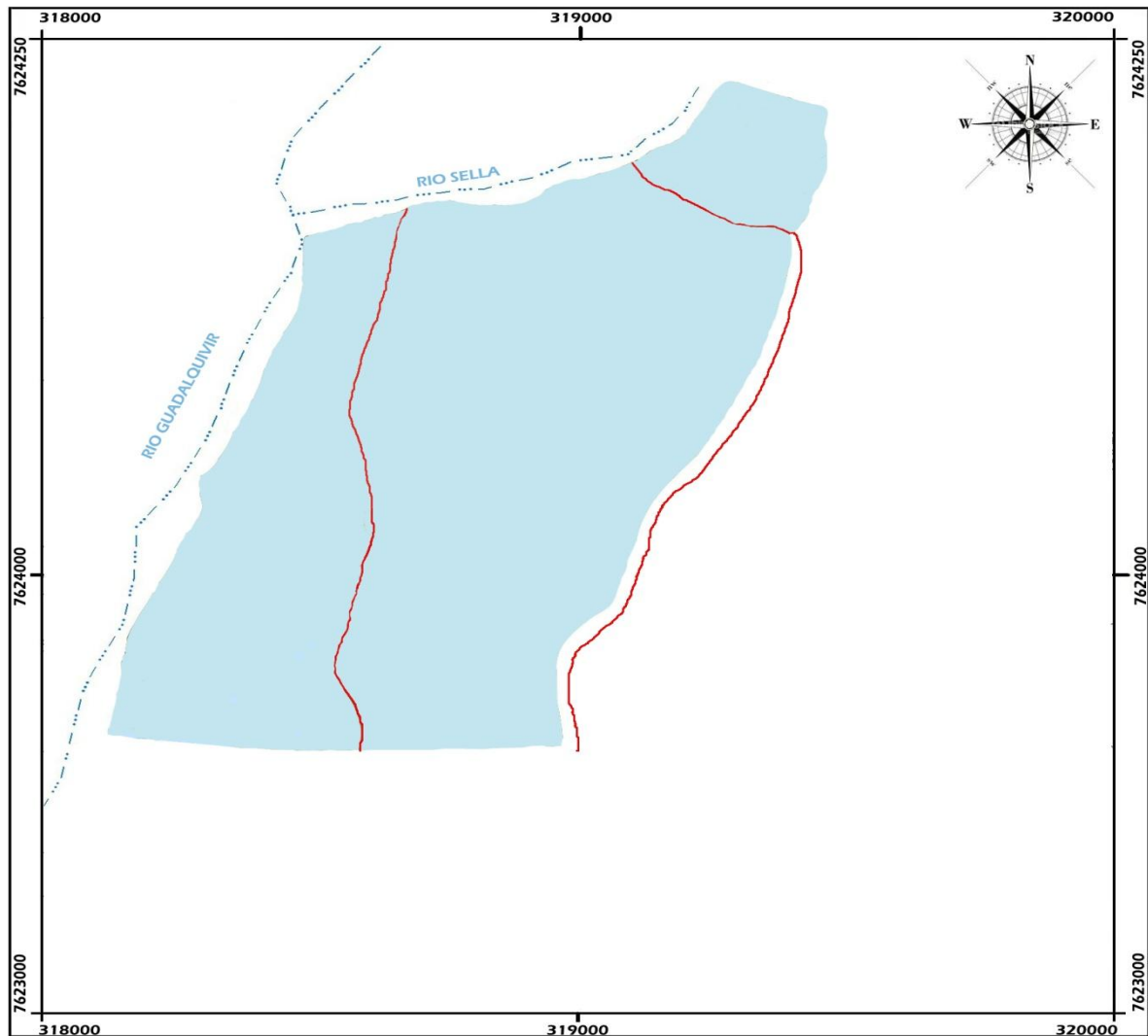
## **2.7 Variables estudiadas**

Para determinar el grado de fertilidad de los suelos de la Comunidad de San Mateo se tomaron en cuenta parámetros físico – químicos, que nos permitirá conocer el estado actual del suelo. Las variables más importantes para su evaluación serán la Densidad aparente la, textura del suelo, el contenido de materia orgánica y el pH del suelo ya que estos factores son los más importantes cuando se habla de fertilidad y adaptabilidad de los cultivos a un determinado tipo de suelos. Las variables mencionadas serán analizadas de acuerdo a los resultados que arrojen los análisis de laboratorio realizados

## RESULTADOS Y DISCUSION

### 3.1 Cartografía básica

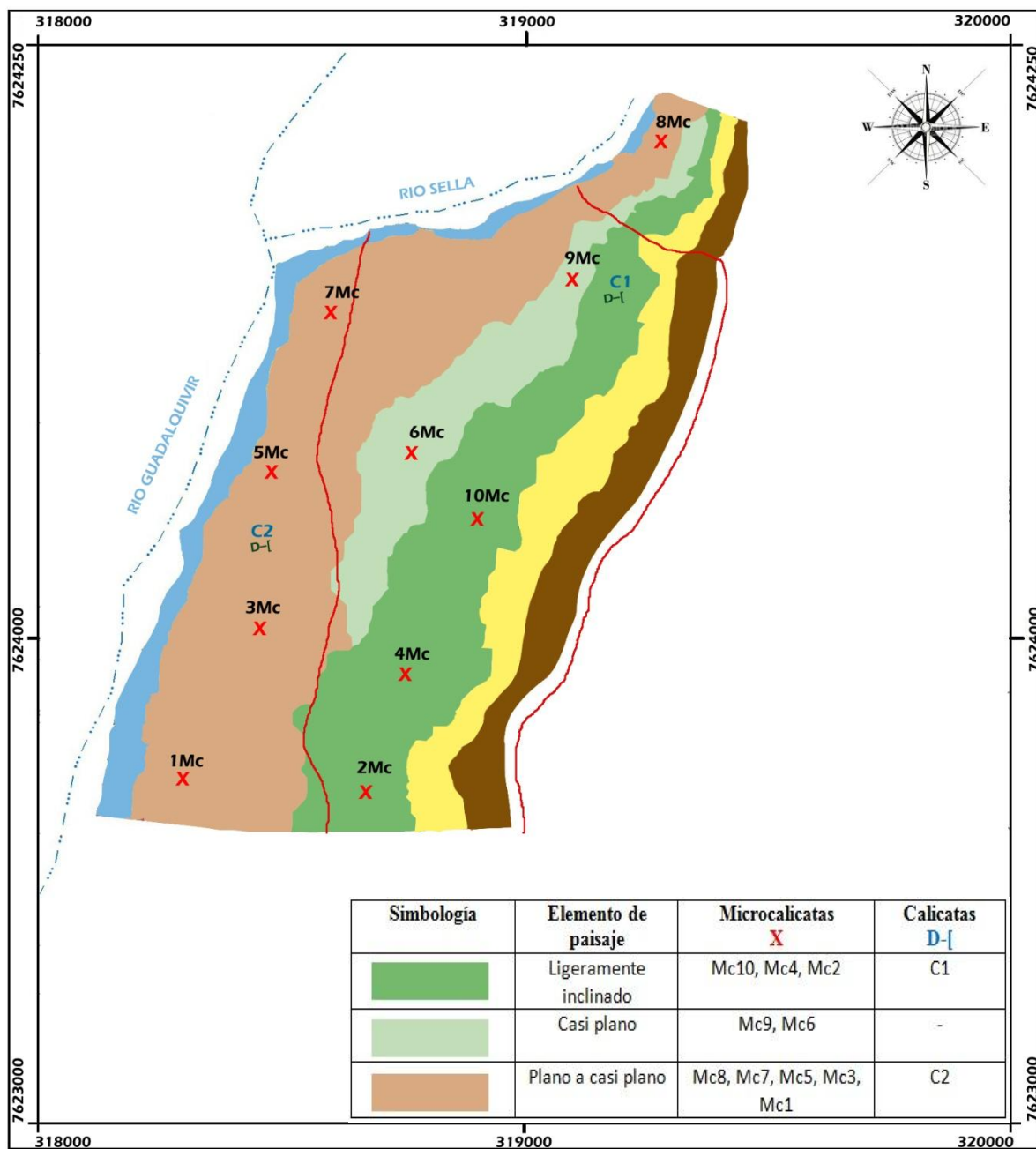
Mapa base y delimitación de la zona de estudio en base al mapa geográfico proporcionado por el Instituto Nacional de Reforma Agraria (INRA), de la Comunidad de San Mateo.



Referencias	
	Camino vecinal
	Río Sella
	Río Guadalquivir

	UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO	
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS Y FORESTALES		
Tesis: <b>Caracterización Física y Química de los Suelos de la Comunidad de San mateo</b>		
Escala de trabajo 1:14000	Mapa Nº2 MAPA BASE	Mayo 2015

### 3.2 Mapa de ubicación de los Sitios de Muestreo



**Referencias**

- Camino vecinal
- Rio Sella
- Rio Guadalquivir

	UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS Y FORESTALES	
Tesis: Caracterización Física y Química de los Suelos de la Comunidad de San mateo		
Escala de trabajo 1:14000	Mapa Nº3 MAPA DE UBICACION DE SITIOS DE MUESTREO	Mayo 2015

El mapa N° 3 muestra los diferentes sitio de muestreo, haciendo un total de 10 micro calicatas con 30 perfiles (Anexo 2) descritos en los principales elementos de paisaje que están bajo un fuerte uso agrícola, generalizados los tipos de suelos como un cuerpo uniforme se eligió dos zonas representativas en donde se procedió a excavar 2 calicatas con 6 perfiles descritos y toma de muestras de 5 de ellos para la realización el análisis de laboratorio. A continuación se realizo la descripción de los perfiles de las 2 calicatas.

### **3.2.1. Descripción de perfiles, paisaje: Reciente a sub creciente - terraza media - Ligeramente inclinado**

#### **Calicata 1**

#### **Información general del sitio**

Estado de descripción:	Descripción del perfil de rutina
Fecha de descripción:	15/3/06
Autores de la descripción:	Romero A.
Ubicación de la descripción:	a 50 mts del camino, margen izquierdo
Elevación:	1955 m.s.n.m.
Coordenadas:	20k 0359845; UTM 7607296

#### **Factores de formación del suelo**

Condición atmosférica del clima:	soleado con lluvia en las últimas 24 hrs
Geoforma:	terracea media
Relieve:	ligeramente inclinado (pendiente<5%)
Uso de tierra:	agricultura de riego
Vegetación:	tubérculos (Solanum tuberosum)
Influencia humana:	vegetación fuertemente perturbada

Material parental:	sedimentos coluvio aluviales sueltos
Edad de la superficie de la tierra:	sedimentos cuaternarios del Holoceno
Pedregosidad en superficie:	no
Rocosidad:	no
Inundaciones	no
Erosión:	no

**Cuadro N° 3 Descripción de perfiles del paisaje Reciente a sub creciente – terraza media – ligeramente inclinado**

<b>Horizonte</b>	<b>Profundidad cm</b>	<b>Características</b>
Ap	0 – 28	Color pardo oscuro en húmedo (10 YR3/3); textura franco arcilloso; estructura en bloques subangulares medios y débiles; consistencia muy friable, poco adherente, poco plástico; no calcáreo; porosidad alta; intersticiales finos; raíces comunes medias y finas; limite de horizonte claro y plano; pH = 6.39
Bw	28 – 58	Color pardo oscuro en húmedo (10 YR3/4); textura arcillosa; estructura en bloques subangulares medios y débiles; consistencia friable; moderadamente adherente y plástica, con concreciones; porosidad media intersticiales, finos y muy finos; pocas raíces muy finas; limite de horizonte claro y plano; pH = 6.61
IC	58 - 96	Color pardo muy oscuro en húmedo (7,5YR3/4); pocos moteos de color amarillo (2.5Y4/4); textura muy arcillosa; estructura en bloques subangulares medios y fuertes; consistencia friable, muy adherente muy plástica; con concreciones; pocos poros, finos intersticiales; sin raíces



### **3.2.2 Descripción de perfiles, paisaje: Reciente a sub creciente – terraza baja – plano a casi plano**

#### **Calicata 2**

##### **1.- Información general del sitio**

Estado de descripción:	Descripción del perfil de rutina
Fecha de descripción:	15/3/06
Autores de la descripción:	Romero A.
Ubicación de la descripción:	a 40 mts del camino secundario izquierdo
Elevación:	1931 m.s.n.m.
Coordenadas:	20k 03468733; UTM 7607288

##### **2.- Factores de formación del suelo**

Condición atmosférica del clima:	soleado con lluvia en las últimas 24 hrs
Geoforma:	terracea baja
Relieve:	plano a casi plano (pendiente <5%)
Uso de tierra:	agricultura de riego
Vegetación:	gramíneas (Sea mays)
Influencia humana:	vegetación fuertemente perturbada
Material parental:	sedimentos aluviales sueltos
Edad de la superficie de la tierra:	sedimentos cuaternarios del Holoceno
Pedregosidad en superficie:	no
Rocidad	no
Inundaciones	no
Erosión:	no

**Cuadro N°4 Descripción de perfiles paisaje: Reciente a sub creciente – terraza baja – plano a casi plano**







<b>Horizonte</b>	<b>Profundidad cm</b>	<b>Características</b>
Ap	0 – 29	Color pardo oscuro en húmedo (7,5YR4/4); textura franco arenosa; estructura en bloques subangulares medios y finos moderados; consistencia, suelta, no adherente no plástico; no calcáreo; muchos poros intersticiales, muy finos; muchas raíces, finas limite de horizonte claro y ondulado; pH = 6.51
IC	29 – 56	Color amarillo parduzco en húmedo (2.5Y5/6); textura arenosa; estructura en bloques subangulares medios y débiles; consistencia friable, no adherente no plástico; no calcáreo; porosidad alta, intersticiales, finos; muy pocas raíces finas; presencia de grava; limite de horizonte claro y plano; pH = 6.52
IIC	56 - 92	Color amarillo parduzco (2,5Y4/3); textura franco arenosa; estructura masiva; consistencia suelta, no adherente no plástico; no calcáreo; porosidad alta, intersticiales, finos, sin raíces; gran contenido de grava y piedras angulares; pH = 6.92

### 3.3 Mapa Fisiográfico Pedológico

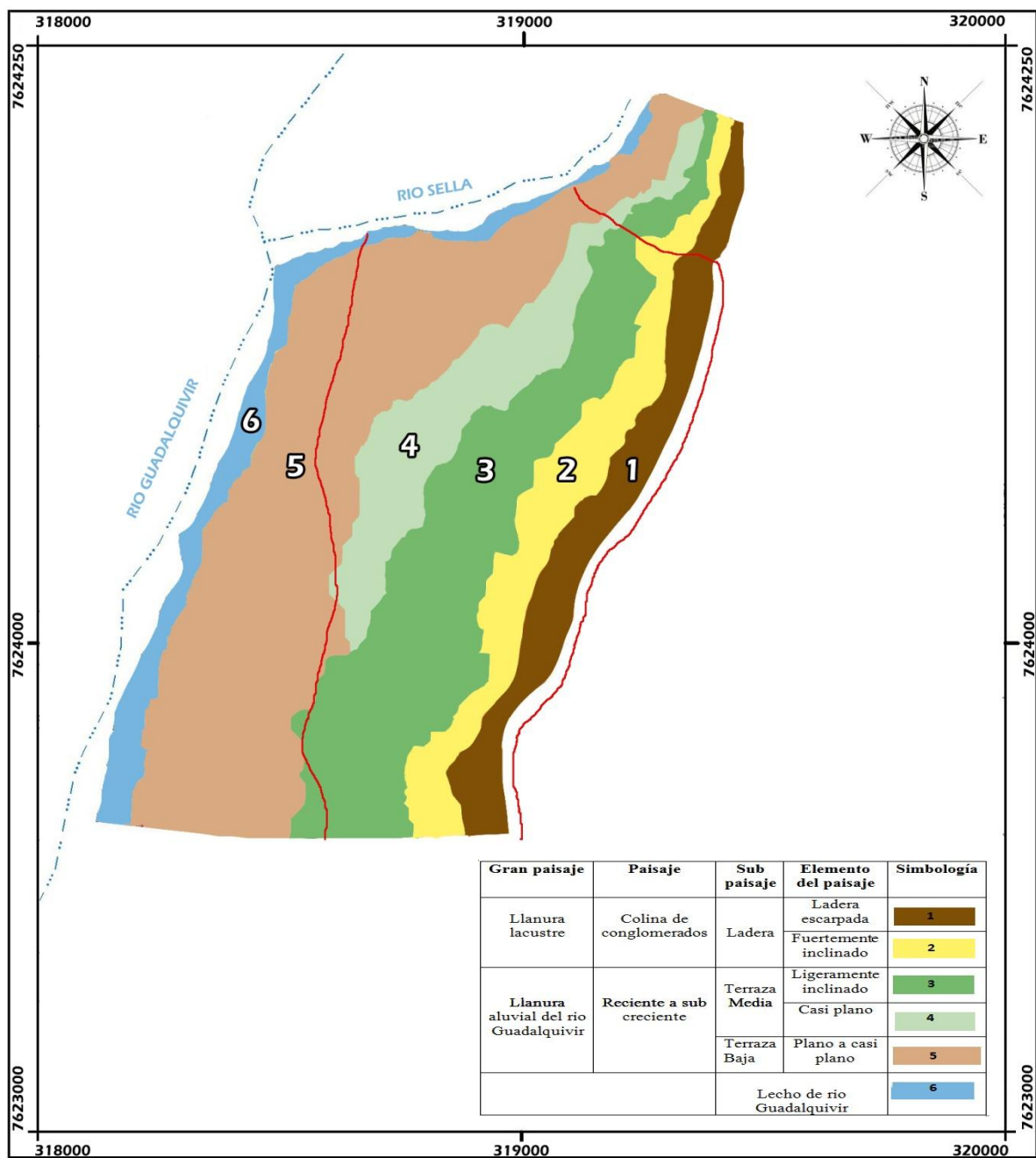
Sintetizada la información del paisaje fisiográfico, perfiles descritos, la integración de información secundaria, el mapa base y las principales características de las unidades de suelos identificados y caracterizados en la Comunidad de San Mateo

#### 3.3.1 Leyenda Fisiográfica Pedológica

**Cuadro N°2 unidades Fisiográficas**

Gran paisaje	Paisaje	Sub paisaje	Elemento del paisaje	Simbología
Llanura lacustre	Colina de conglomerados	Ladera	Ladera escarpada	
			Fuertemente inclinado	
Llanura aluvial del rio Guadalquivir	Reciente a sub creciente	Terraza Media	Ligeramente inclinado	
			Casi plano	
		Terraza Baja	Plano a casi plano	
		Lecho de rio Guadalquivir		

### 3.3.2 Mapa Fisiográfico Pedológico



#### Referencias

- Camino vecinal
- Rio Sella
- Rio Guadalquivir



UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS Y FORESTALES



Tesis: **Caracterización Física y Química de los Suelos de la Comunidad de San mateo**

Escala de trabajo  
1:14000

Mapa Nº 3

MAPA FISIOGRAFICO - PEDOLOGICO

Mayo 2015

### **3.3.3 Descripción de las Unidades Fisiográfico - Pedológica**

#### **a. Unidad 1.- Ladera escarpada**

Esta unidad está ubicada al extremo este a una altura de 1950 a 1960 m.s.n.m. en la parte alta se encuentra la divisoria de la carretera vecinal principal, es la colina más elevada de la zona, actualmente el suelo está siendo ocupado por construcciones y viviendas de la Comunidad.

- Características externas

Cuenta con una pendiente aproximada de 30°, una superficie de 18 Ha, presenta un suelo superficial, con pedregosidad o fragmentos de tipo arenisca no apta para cultivos agrícolas.

#### **b. Unidad 2.- Fuertemente inclinado**

Formada por una deposición coluvio - aluvial, una superficie de 23 Ha. se encuentra a una altura de 1950 m.s.n.m. en la actualidad cuenta con varias viviendas y senderos agrícolas.

- Características externas

Suelos con un pendiente fuertemente inclinado y recta (15° – 30°), con profundidad efectiva superficial a moderada (30 – 100 cm) y una textura pesada – arcillosa, con pedregosidad a poca profundidad, con limitaciones fuertes para el desarrollo radicular lo que no lo hace optimo para labores agrícolas.

#### **c. Unidad 3.- Ligeramente inclinado**

Se ubica en la zona Este de la comunidad en el plano central con un altura de 1942 m.s.n.m., una superficie de 32 Ha, actualmente los suelos de esta zona soporta un fuerte uso agrícola en su mayoría hortalizas entre ellas acelga, lechuga, coliflor, y papa.

- Características externas

Estos suelos presentan pendientes ligeramente inclinadas ( $5^{\circ}$  -  $10^{\circ}$ ), no se notan procesos de erosión hídrica considerable, drenaje moderado y ligeramente pedregosos en la parte más cercana a la ladera, alta influencia humana en el terreno la pendiente de estos suelos no limita ningún tipo de cultivo hortícola de la zona, pero si el drenaje y la compactación moderada a alta que existe.

- Características físicas

Suelos moderadamente profundos (50 – 100 cm); la textura dominante es franco arcillosa; con pocos fragmentos redondeados presentes en la mayoría de los horizontes. El color pardo oscuro en húmedo (10 YR3/3); textura franco arcilloso; estructura en bloques subangulares medios y débiles; consistencia muy friable, moderadamente adherente y plástico; no calcáreo; porosidad alta; intersticiales finos; raíces comunes medias y finas; limite de horizonte claro y plano

- Características químicas

El pH es débilmente ácido, sin problemas de salinidad, moderadamente calcáreos. El contenido de calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) intercambiable es moderado; el magnesio ( $\text{Mg}^{+2}$ ) tiene un valor alto; el sodio ( $\text{Na}^{+1}$ ) demostró un valor bajo; el potasio ( $\text{K}^{+1}$ ) se presenta en una proporción muy baja; la (CIC) se encuentra en rango moderado.

El contenido de materia orgánica (MO) demostró un valor moderado a bajo a mayor profundidad. El contenido de nitrógeno total tiene un valor moderado. El fósforo asimilable

indica un alto valor. Esto se puede atribuir al uso excesivo de agroquímicos con la aplicación de estiércoles de gallina que crean formas de nitrógeno y fosforo de lenta liberación y que se acumulan en el suelo. La conductividad eléctrica (CE) lo clasifica como un suelo no salino donde pueden prosperar la mayoría de los cultivos.

#### **d. Unidad 4.- Casi plano**

Ubicado en el centro y noreste de la comunidad cuenta con una superficie de 17 Ha, su uso actual comprende una variedad de hortalizas de temporada así como tubérculos y gramíneas como maíz (Sea mays) entre otros.

- Características externas

Suelos de origen aluvial, con pendientes que son casi planas ( $2^{\circ}$  -  $5^{\circ}$ ), con drenaje moderado, moderadamente profundos, sin limitaciones físicas para el desarrollo de raíces, muy poca pedregosidad y rocosidad superficial, no existe erosión hídrica notable.

- Características físicas

Textura que va de franco arcilloso a arcilloso arenoso; el color predominante es amarillo rojizo (5YR3/3) en húmedo, el desarrollo estructural de los elementos de los agregados es del tipo bloque angular y subangular de grano fino y medio a gruesos, débiles a moderados; consistencia moderadamente plástica y adherente que se hace mayor a mas profundidad; poca presencia de grava y piedra.

#### **e. Unidad 5.- Plano a casi plano**

Ubicada en el extremo oeste de la comunidad, cuenta con una superficie de 38 Ha, su uso actual comprende variedad de hortalizas de temporada y gramíneas así como la implementación de Vid en la zona.

- Características externas

Son suelos de origen aluvial con una influencia de los ríos Guadalquivir y Sella debido a su proximidad con su lecho, pendiente casi plana ( $< 5^\circ$ ), suelos bien drenados moderadamente profundos, limitación física para las raíces debido a la presencia de grava y piedras (erosión laminar muy ligera).

- Características físicas

Suelos de textura franco arcilloso-arenoso predominantes; el color dominante es pardo oscuro en húmedo (7,5YR4/4); desarrollo estructural en bloques angulares y subangulares medios y finos moderados; consistencia, suelta, no adherente no plástico; no calcáreo; muchos poros intersticiales, muy finos; a partir de los 50 cm de profundidad presencia de grava fina y piedras de forma angular subredondeada en la zonas cercanas al lecho del río.

- Características químicas

El pH es débilmente ácido, sin problemas de salinidad, no calcáreos. El contenido de calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) intercambiable es moderado; el magnesio ( $\text{Mg}^{+2}$ ) tiene un valor moderado; el sodio



(Na<sup>+</sup>) demostró un valor bajo; el potasio (K<sup>+</sup>) se presenta en una proporción muy baja; la (CIC) se encuentra en rango bajo por lo que necesita aporte de materia orgánica para mejorarlo.

El contenido de materia orgánica (MO) demostró un valor bajo. El contenido de nitrógeno (N) total tiene un valor moderado. El fósforo (P) asimilable indica un alto valor. Esto se puede atribuir al uso excesivo de agroquímicos con la aplicación de estiércoles de gallina que crean formas de nitrógeno y fósforo de lenta liberación y que se acumulan en el suelo.

La conductividad eléctrica (CE) lo clasifica como un suelo no salino donde pueden prosperar la mayoría de los cultivos.

### **3.4 Criterios y análisis de la Fertilidad de los Suelos**

El análisis e interpretación de los datos se realizara a partir de los resultados de laboratorio. Las propiedades físicas y químicas de las muestras de suelo fueron extraídas en las dos calicatas excavadas, en las zonas más representativas de la zona, estas fueron las unidades de suelo 3 y 5.

Siendo los más importantes para el estudio de fertilidad el primer horizonte Ap de 0 a 30 cm de profundidad de suelo que conforma la capa arable y donde se da el mayor desarrollo radicular de los cultivos de la zona, que serán descritas a continuación.

#### **3.4.1 Características Físicas**

##### **3.4.1.1 Textura**

La textura de los suelos es una de las características más importantes dentro de los rangos de fertilidad, los porcentajes de arena, limo y arcilla indican los límites de absorción y retención de nutrientes, la capacidad de campo, el drenaje, la compactación, la aireación, la

densidad real y aparente, la porosidad la erodabilidad, etc. y las labores de trabajo que se deben realizar en la tierra.

De acuerdo a los resultados de laboratorio (véase Anexo 4) de la proporción de las fracciones minerales de las dos muestras se procedió a la clasificación mediante el empleo del triángulo de Texturas que comprende doce denominaciones en base a las proporciones de arena, limo y arcilla. (Anexo 5) Realizando la relación se tiene:

**Cuadro N°5 Textura - Porcentaje de agregados minerales**

Unidad de suelo	Profundidad (cm)	Porcentajes			Grupo Textural
		Arena %	Limo %	Arcilla %	
3	0 – 28	29,25	39,75	31,00	Franco arcilloso
5	0 - 27	51,75	24,75	23,50	Franco arcilloso arenoso

Haciendo un análisis del cuadro N°5, la unidad 3 presenta suelos pesados con textura fina a muy fina, haciéndose más pesados a mayor profundidad, así también la unidad 5 muestra una fuerte influencia de las cercanía de el lecho de rio ya que presenta suelos de moderados a ligeros con texturas medias con un alto contenido de arena fina.

Las unidades de el cuadro N°5 representan la clase textural más representativa de cada unidad de paisaje en la cual hay mayor actividad agrícola, valores predominantes en toda la zona.

### 3.4.1.2 Densidad aparente

Realizando la relación de la Da con las clases texturales del suelo se puede establecer una clasificación de la Da como sigue:

**Cuadro N°6 Clasificación de la (Da gr/cc) a partir de su relación textural**

<b>Gran Grupo textural</b>	<b>Da (gr/cc)</b>	<b>Clasificación</b>
Gruesa	$\gt 1.41$	Alta
Mediana	1.21 – 1.4	Media
fina	$< 1.2$	Baja

Fuente: Ministerio de agricultura de Bolivia, 1995.

Los valores de la clasificación de la Da según el cuadro N°6 se consideran valores de referencia para el análisis e interpretación de la Da de los dos horizontes y perfiles por unidad de suelo para identificarse posibles procesos de degradación física compactación.

Los resultados de los laboratorios indican los siguientes valores:

**Cuadro N° 7 densidad aparente por unidad de suelo**

<b>Unidad de suelo</b>	<b>Horizonte 1</b>	<b>Profundidad</b>
3	1.46	0 – 28
5	1.38	0 - 27

Haciendo un análisis del cuadro N°7 se observa los valores de la Densidad aparente, que se representa como una medida de la estructura del suelo esta depende de varios factores, que

incluyen los siguientes: La densidad de las partículas de suelo mineral, la cantidad de materia orgánica, la compactación del suelo, las actividades de animales que excavan en la tierra, tales como las lombrices, y la abundancia de raíces de plantas. Los valores obtenidos confirman que ambas unidades sufren un proceso o tienen tendencia a compactarse.

Se observa que la muestra de la unidad de 3, tiene un valor de  $D_a$  de 1.46 en el primer horizonte lo que lo clasifica como una  $D_a$  de media a alta o suelos compactos a muy compactos, la unidad de 5 presenta un valor de 1.38 de  $D_a$  lo que lo clasifica como un valor moderado de  $D_a$  o de compactación.

Cabe recalcar que un suelo con bajo valor de  $D_a$  equivale a mas porosidad, lo que corresponde a mayor estabilidad menor compactación y mejor contenido de humedad que un suelo con  $D_a$  alta.

### 3.4.1.3 Porosidad

La porosidad del suelo está estrechamente relacionada con la densidad aparente, es decir suelo con  $D_a$  baja tendrá un alto % de Porosidad y suelos con  $D_a$  alta tendrán un bajo % de porosidad.

**Cuadro N° 8 % Porosidad por unidad de suelo**

<b>Unidad de suelo</b>	<b>Horizonte 1</b>	<b>Profundidad</b>
3	57.75	0 – 28
5	54.76	0 - 27

De acuerdo a los resultados obtenidos en el cuadro N°8 y un análisis de interpretación mediante la Tabla de interpretación de análisis de suelos Anexo 5, observamos que la

muestra de la unidad 3 tiene un porcentaje de porosidad alto 57% y la unidad 5 un porcentaje de porosidad mediano 54% lo que indica que tiene un % de porosidad bueno para la retención de agua y respiración de los organismos así como las prácticas agrícolas.

Gavande (1972) indica que las desventajas de la preparación continua de los suelos es la compactación, teniendo como consecuencia una reducción del espacio poroso siendo esto mayor cuando las labores se realizan en suelos con cierto contenido de humedad.

#### **3.4.1.4 Agua útil del suelo**

Este valor puede encontrarse en relación de los valores de la Capacidad de Campo (CC) y el Punto de Marchitez Permanente (PMP).

**Cuadro N° 9 Gramos de agua útil en 100 gr de suelo**

<b>Unidad de suelo</b>	<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Capacidad de campo (%)</b>	<b>Punto de marchitez permanente (%)</b>	<b>Agua útil gr. de agua en 100 gr de suelo</b>
3	0 – 28	13.15	7.98	5.17
5	0 - 27	9.19	5.65	3.54

Haciendo análisis del Cuadro N° 9 se observa que la muestra de la unidad 3 el contenido de agua útil por parte de la planta en el suelo es de 5.17 gr en 100 gr de suelo. Y en la unidad 5 el contenido de agua útil es de 3.54 gr de agua en 100 gr de suelo.

La capacidad de campo está determinada por la porosidad textura y densidad aparente, mientras que el punto de marchitez permanente indica cual es la cantidad de agua en 100 gr mínima para que se empiece a presentar marchitez.

### 3.5 Resumen de las Características Físicas del suelo

**Cuadro N° 10 Resultado de las Características físicas de las unidades del suelo**

<b>Unidad de suelo</b>	<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Textura A ; L ; Y (%)</b>	<b>Densidad aparente (gr./cc)</b>	<b>Porosidad (%)</b>	<b>Agua útil (gr./100grde suelo)</b>
3	0 – 28	29.25 ; 39.75 ; 31.00	1.46	57.75	5.17
5	0 - 27	51.75 ; 24.75 ; 23.50	1.38	54.76	3.54

Los valores obtenidos de las características físicas del suelo muestran que los suelos de la unidad 3 son suelos pesados de textura arcillosa fina, con una Da clasificada como alta es decir suelos compactos o con tendencia a compactación, una porosidad alta lo que indica buena aireación lo que indica alta capacidad de campo de los suelos.

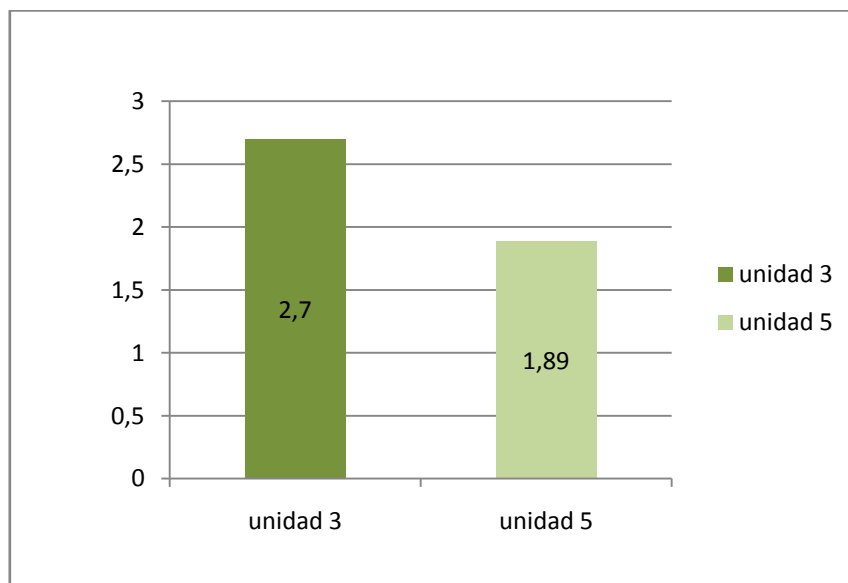
Los valores de la unidad 5 son suelos moderadamente ligeros de textura franco arcilloso arenoso, con una Da clasificada como moderada es decir con tendencia a compactación, porosidad media buena aeración capacidad de campo de moderado a bajo.

### 3.6 Características Químico – coloidales

Siguiendo la metodología de análisis de físico, se describirán los horizontes superficiales (horizonte 1) en cada calicata de las unidades de suelo 3 y 5.

#### 3.6.1 Materia Orgánica

**Grafico N° 1 Valores de materia orgánica**



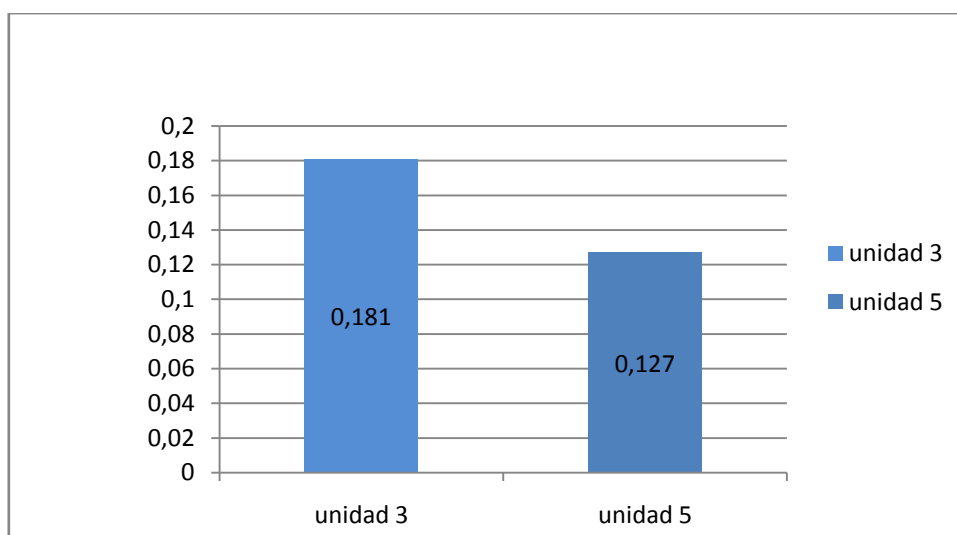
En base a los valores obtenidos en el análisis químico del suelo de las dos calicatas en las unidades 3 y 5 y siguiendo la clasificación de la M.O. (%) según el método Wikley y Black (ver anexo 5), se tiene que la unidad 3 presenta un valor moderado de materia orgánica esto debido en parte a las fracciones minerales del suelo de unidad que tiende a retener mejor la materia orgánica y el humus del suelo, la unidad 5 presenta un valor de M.O. de nivel bajo, esto debido principalmente a factores como la textura de la unidad que tiene un drenaje fuerte y no puede retener bien el humus y los nutrimentos del suelo.

Misayasato 1996, indica que los suelos cultivados por más de 10 años bajo un sistema convencional, el contenido de M.O. es muy bajo, debido al continuo laboreo que produce la mineralización de la misma, que trae consigo la destrucción de la estructura del suelo. La M.O. es la que evita que el suelo se compacte.

La materia orgánica tiene un papel fundamental en el suelo y resulta un factor determinante de la resistencia a la erosión y de la fertilidad del suelo. Asimismo garantiza la capacidad de cohesión y amortiguación del suelo. La disminución de materia orgánica es especialmente preocupante, se considera que los suelos con menos de 1.7% de M.O. están en fase de predesertificación.

### 3.6.2 Nitrógeno

**Gráfico N° 2 Cantidad de Nitrógeno total**

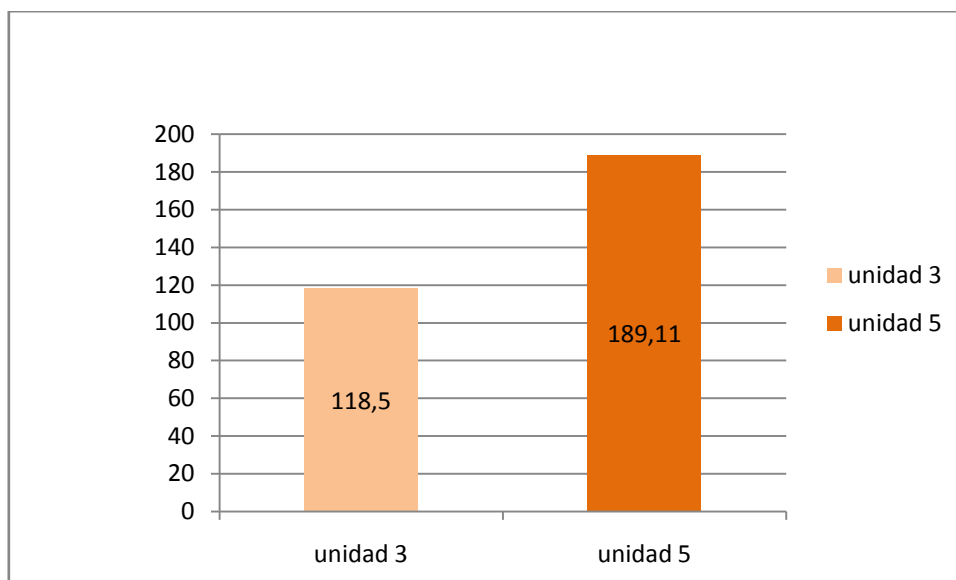




De acuerdo a la grafica se puede observar la disponibilidad de Nitrógeno total (NT) en el horizonte de la unidad 3 es de nivel moderado o medio y la unidad 5 tiene un nivel bajo de acuerdo a la evaluación con la tabla de interpretación (anexo 5) esto de acuerdo a que la unidad 3 se encuentran texturas más pesadas que pueden retener mejor los nutrientes del suelo y en la unidad 5 los suelos tienen un drenaje fuerte lo que produce lavado de el NT.

### 3.6.3 Fosforo

**Gráfico N°3 Fosforo asimilable (ppm)**

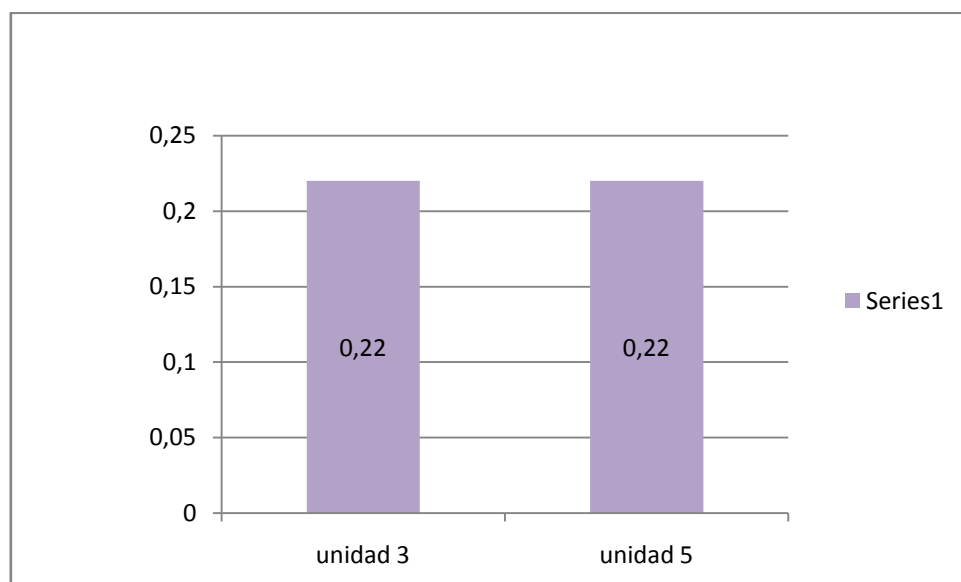


De acuerdo al gráfico N°3 se observan en los horizontes superficiales de las dos calicatas realizados en las unidades 3 y 5, existe un elevado nivel de fosforo asimilable en los resultados del análisis de laboratorio, para corroborar los datos obtenidos en los laboratorios del Servicio Departamental Agropecuario (SEDAG).

Se realizo otro análisis de suelo en los laboratorios de Suelos de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, el cual dio como resultado un valor de fosforo asimilable de 102 .22 ppm lo cual corrobora el alto contenido de fosforo en los suelos.

### 3.6.4 Potasio

**Grafico N°4 Contenido de Potasio (K<sub>2</sub>O) meq/ 100gr**

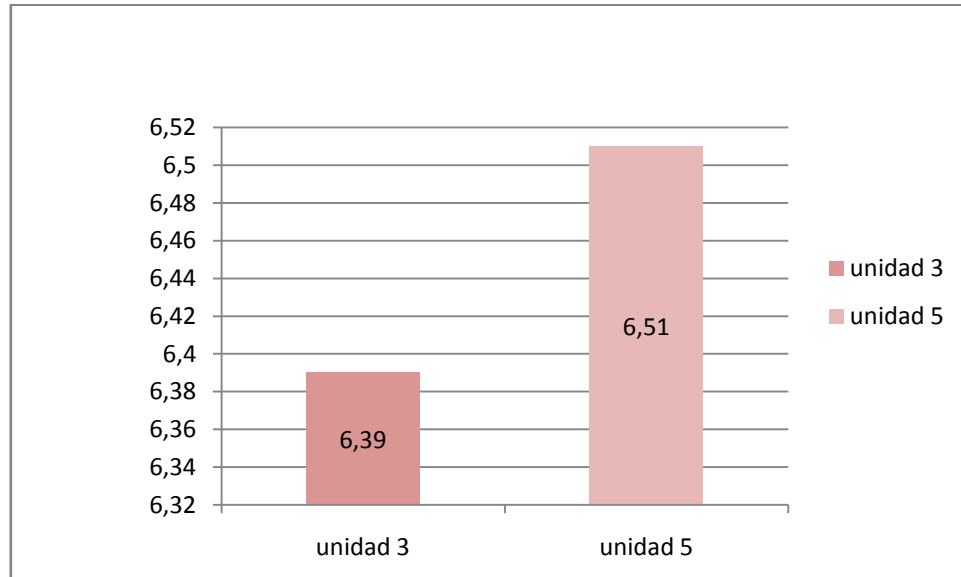


La grafica nos muestra que no existe diferencia significativa entre la cantidad de Potasio en los horizontes superficiales de las 2 calicatas que se hicieron las unidades 3 y 5 lo cual indican un nivel bajo a pobre de K.

M. Soruco 1993, afirma que la continua preparación del suelo especialmente en labranza convencional produce un incremento de potasio en el suelo.

### 3.6.5 pH

**Grafico N°5 pH**



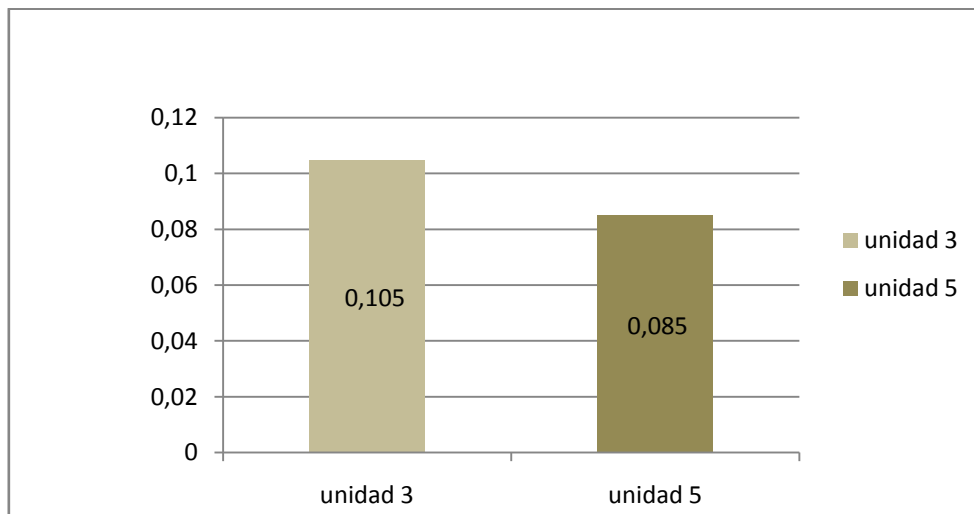
Según la grafica N°5 los niveles de rango del pH en la muestra de la unidad 3 clasifican a los suelos (véase anexo 5) como débilmente ácidos según Cochrane 1971, y los suelos de la unidad 5 también como débilmente ácidos.

Cuando la planta absorbe preferentemente cationes ( $\text{NH}_4^+$ ), se produce un exceso de carga negativa, que la propia planta intenta neutralizar segregando cationes hidrogeno ( $\text{H}^+$ ), con lo que el pH de la solución desciende.

De la forma contraria , cuando se absorben preferentemente aniones ( $\text{NO}_3^-$ ), las raíces liberan iones hidroxilo ( $\text{OH}^-$ ) o iones bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) para mantener la neutralidad eléctrica en la superficie de la raíz, con lo que el pH de la solución tiende a incrementarse. El crecimiento satisfactorio de los cultivos con un rango de 5 y 8.

### 3.6.8 Conductividad Eléctrica (CE)

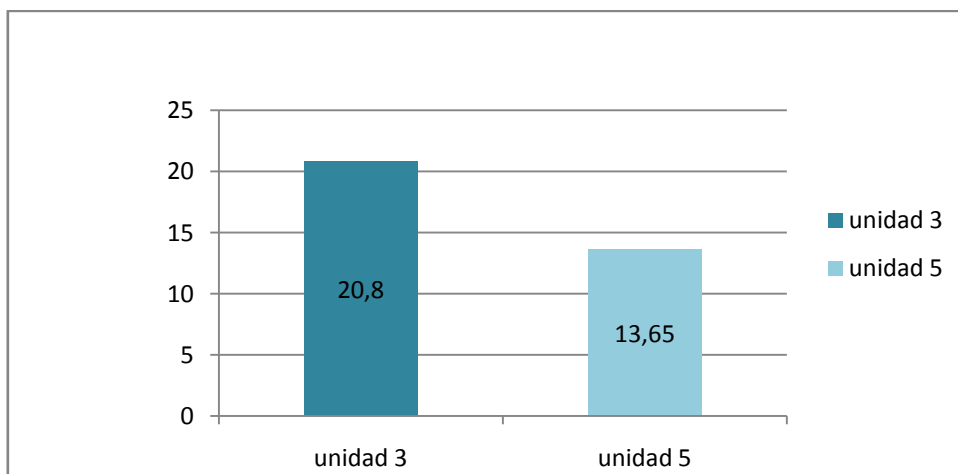
**Grafico N°6 Conductividad Eléctrica mmhos/cm**



Los valores del grafico N°6 indican que la muestra de la unidad 3 y la unidad 5 tienen un bajo nivel de conductividad eléctrica por lo que se clasifican como suelos no salinos, esto quiere decir que en las dos zonas pueden prosperar todo tipo de cultivos sin riesgos mayores.

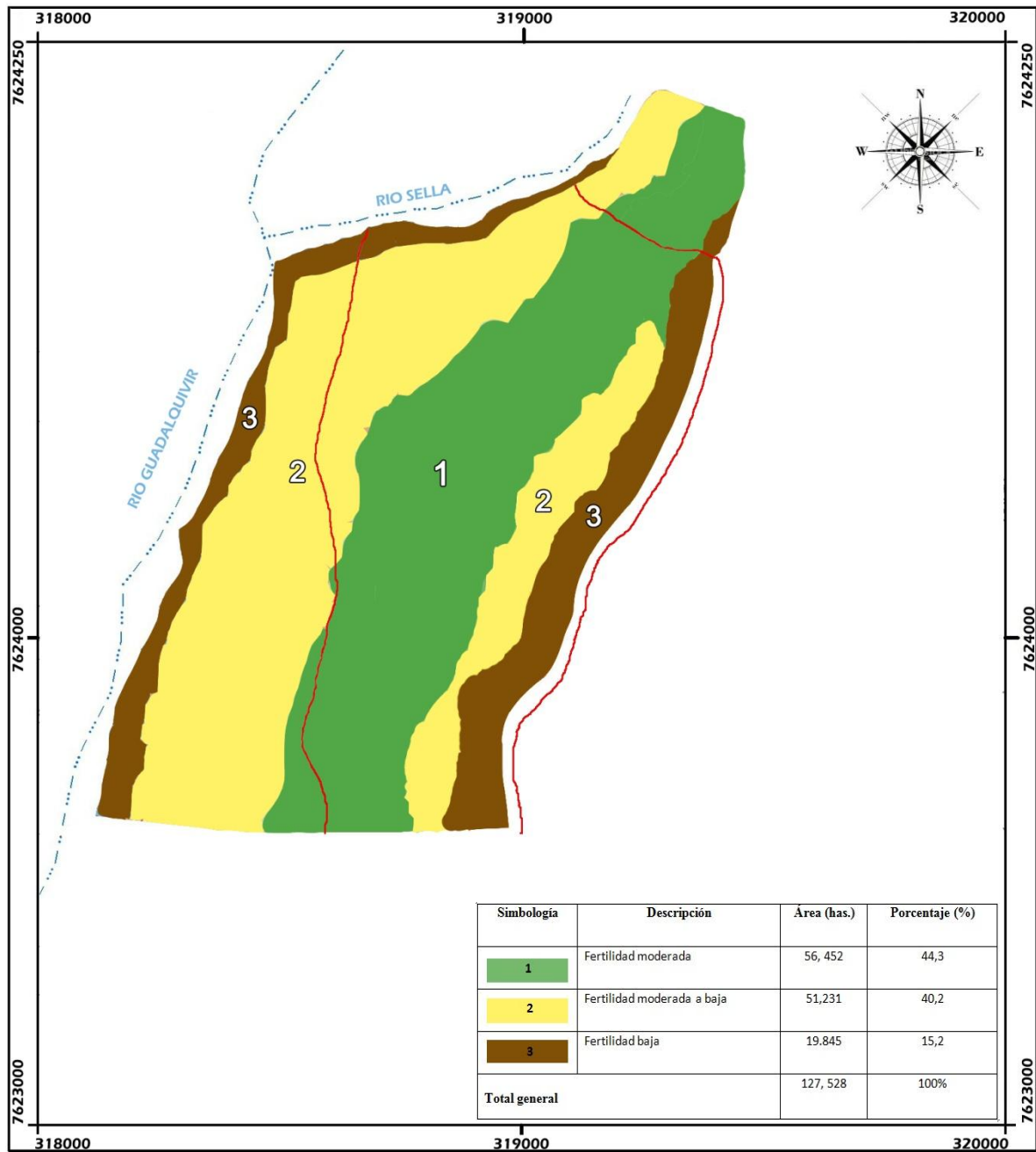
### 3.6.9 Capacidad de intercambio catiónico

**Grafico N°7 Capacidad de intercambio catiónico meq/100 gr.**



De acuerdo a los valores que se observan el grafico N°7 la muestra perteneciente a la unidad 3 tiene una ó capacidad de intercambio catiónico de nivel moderado lo que significa que puede retener bien los nutrientes del suelo ya que está relacionado con la cantidad total de nutrientes asimilables como cationes intercambiables, la unidad 5 se clasifica como suelos con un bajo nivel de capacidad de intercambio catiónico, por lo que para mejora este valor se debe agregar MO al suelo de forma constante.

### 3.7 Mapa de Fertilidad de suelos



Referencias	
	Camino vecinal
	Rio Sella
	Rio Guadalquivir

	<b>UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS Y FORESTALES</b>	
Tesis: <b>Caracterización Física y Química de los Suelos de la Comunidad de San mateo</b>		
Escala de trabajo 1:14000	Mapa Nº5 <b>MAPA DE FERTILIDAD DE SUELOS</b>	Mayo 2015

### **3.7.1 Descripción de las unidades de Fertilidad de los suelos**

El análisis físico del suelo es una herramienta muy importante para evaluar el comportamiento del aire y del agua en el suelo, el espacio arraigable y algunos aspectos relacionados con el régimen de elementos nutritivos.

Los análisis químico-nutritivos y el grado en que se encuentran son indispensables para saber los parámetros de fertilidad en que se encuentran los suelos, entre los más importantes tenemos la materia orgánica, el pH, así como los macro y micro elementos.

En el caso particular de la comunidad de San Mateo y el uso que dan los usuarios y agricultores de la zona se ve fuertemente limitada por las prácticas de cultivo y uso de la tierra y suelos de manera empírica, así como la tenencia de suelos pobres con baja disponibilidad de nutrientes naturales.

Esta situación que afecta a gran parte del departamento de Tarija, que por el excesivo uso de los suelos sin un correcto plan de fertilización y manejo causa diferentes factores negativos.

De acuerdo al levantamiento de datos de campo (ver anexo 2), los procesos geomorfológicos las características físicas, químicas de los suelos y el cruce de mapas se tienen las siguientes leyendas y descripción:

#### **a) Fertilidad moderada**

La unidad **1** se ubica al este de la comunidad de San mateo en la parte central de la misma, corresponde geomorfológicamente a un paisaje a sub creciente aluvial del rio Guadalquivir, presenta una pendiente de ligeramente inclinado a casi plano (2 -5%) cubierto por vegetación predominantes de cultivos agrícolas anuales y de hortalizas de temporada. Se observan texturas franco arcillosa con contenido de materia orgánica moderado, suelos no salinos y un pH ligeramente acido, apto para la mayoría de cultivos de la zona.

### **b) Fertilidad moderada a baja**

Unidad **2** ubicada al este, cerca de la ladera y al oeste, próximo al lecho inundable del río Guadalquivir, que corresponde a la dinámica fluvial del río Guadalquivir y la llanura coluvio – aluvial sub creciente, presenta una pendiente fuertemente inclinada (15 – 30%) en la parte más elevada, a casi plano (<5%) en la zona próxima al lecho de río inundable, así mismo está cubierto con vegetación de cultivos agrícolas anuales y hortalizas de temporada, se observan texturas que van de arcillosas a franco arcilloso arenoso, con contenido de materia orgánica bajo, retienen muy poco agua, suelos no salinos y con pH ligeramente ácido.

### **c) Fertilidad baja**

La unidad **3** se divide en dos zonas:

1) Ubicada en el área externa de la comunidad más concretamente en la zona este, ladera con suelos superficiales con contenido alto de pedregosidad o fragmentos de tipo areniscas de difícil laboreo con una textura arcillosa y una pendiente de 15 – 30%.

2) La zona está ubicada cerca al lecho inundable del río Guadalquivir y río Sella moldeado por la dinámica de ambos afluentes, depositando arenas arcillas limos y gravas con suelos superficiales de fácil lavado, baja cantidad de materia orgánica, contenido de grava a los 30 cm. No apto para actividades agrícolas.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los procesos obtenidos tanto en los trabajos de campo como de laboratorio, permiten formular conclusiones y recomendaciones, sobre los procesos de caracterización físico químico de los suelos.

Luego de concluir con el estudio de suelos y posterior evaluación de las limitaciones y potencialidades, en función de la metodología utilizada en la zona de San Mateo perteneciente a la provincia Cercado del departamento de Tarija, se ha llegado a las siguientes conclusiones.

1. La recolección de información y delimitación de los distintos suelos permitió la realización de un mapa fisiográfico pedológico detallado en el cual se observó que a excepción de la ladera fluvio lacustre son suelos que van de ligeramente inclinados a casi planos, profundidad moderada, con poca pedregosidad, suelos en su mayoría pesados de textura fina, con alta influencia vegetal agrícola.
2. De acuerdo a los datos obtenidos con la excavación de la unidad calicata 1 y su posterior análisis físico se tiene que la (terrazza media aluvial) tiene suelos de textura pesada – Franco arcillosos, Densidad aparente de 1,46 gr/cc un valor de medio a alto es decir suelos compactos o muy compactos, la densidad aparente aumenta con los años cuando se trabaja bajo un sistema de labranza convencional, porosidad de 57,75 es decir suelos bien aireados y con un buen nivel de retención de agua y aire, el poco uso de maquinaria agrícola en la zona evita que ocurra una compactación progresiva.

La unidad calicata 2 (terrazza baja aluvial) presenta suelos de textura pesada a moderada – Franco arcilloso arenoso, Densidad aparente de 1,38 gr/cc un valor

moderado o de compactación moderada, porosidad de 54,76 son suelos bien aireados, pero con tendencia al lavado de nutrientes y MO.

3. Los resultados de los análisis químicos de las dos unidades arrojan los siguientes resultados:

En la Unidad calicata 1 (terrazza aluvial media) se observa que el contenido de Materia orgánica es 2,70 lo que clasifica como moderado, el contenido de Nitrógeno total es de 0,181 calificado como moderado, el Fosforo tiene un valor de 118,50 ppm, presentando suelos con alto contenido de fosforo, el nivel de Potasio indica que no existe diferencias significativas entre las dos unidades con un valor de 0,22 meq/100gr de suelo clasificándolo como bajo el contenido del mismo, el pH de suelo se encuentra entre los 6,39 que lo clasifica como débilmente ácido, los valores de Conductividad eléctrica y de la capacidad de intercambio catiónico son de 0,105 mmhos/cm y 20,85 meq/100gr de suelo respectivamente lo que clasifica a los suelos como no salinos y con un valor moderador para la asimilación de cationes intercambiables.

En la Unidad calicata 2 (terrazza aluvial baja) se observa que el contenido de Materia orgánica es 1,89 lo que clasifica como bajo nivel, el contenido de Nitrógeno total es de 0,127 calificado como moderado, el Fosforo tiene un valor de 189,50 ppm, presentando suelos con alto contenido de fosforo, el nivel de Potasio indica que no existe diferencias significativas entre las dos unidades con un valor de 0,22 meq/100gr de suelo clasificándolo como bajo el contenido del mismo, el pH de suelo se encuentra entre los 6,51 que lo clasifica como ligeramente ácido, los valores de Conductividad eléctrica y de la capacidad de intercambio catiónico son de 0,085 mmhos/cm y 13,65 meq/100gr de suelo respectivamente lo que clasifica a los suelos como no salinos y con un valor bajo para la asimilación de cationes intercambiables.

Cabe indicar que las diferencias entre las dos unidades analizadas son mayormente influenciadas por el tipo de agregados minerales que hay en cada zona, una textura pesada (Franco arcilloso) tiene una capacidad mayor para retener Materia y nutrientes. La textura de la unidad 2 al tener un porcentaje alto de arena, la materia orgánica y los nutrientes son más susceptibles al lavado.

4. En relación del alto valor del fosforo, se ha llegado a la siguiente conclusión: Debido a la abundante aplicación del principal fertilizante que se aplica en la comunidad estiércol de gallina o Gallinaza (esto debido a grandes criaderos de pollos y gallinas en las cercanías) el cual libera en el suelo formas orgánicas de N y P de liberación lenta, lo que los hace menos susceptibles al lavado que otros fertilizantes, además de que los suelos tiene una textura mayormente arcillosa la cual almacena fuertemente y evita el lavado de los nutrimentos del suelo. Estos factores anclados a un uso casi automático u obligatorio de fertilizantes químicos fosfatados (18-46-0) han hecho que el suelo acumule grandes cantidades del mismo. Estos factores pueden ser la posible causa del alto contenido de fosforo en los suelos. Es importante recomendar que se haga un análisis más detallado de los suelos para corroborar o anular esta hipótesis.

5. Las limitaciones que existen son: En la unidad 1 Terraza media aluvial está enfocada en su manejo y laboreo, es decir los suelos de esta zona tienen un gran porcentaje de arcillas que lo hacen muy pesados y difíciles de trabajar, por ser suelos pesados tienden a encharcarse y el drenaje es muy pobre. Su potencial es que retiene muy bien los nutrientes y materia orgánica.

En la unidad 2 terraza baja aluvial existe una baja retención de agua por el contenido alto de arena, la materia orgánica y nutrientes son mas susceptibles al lavado por el riego, desde el punto de vista agronómico son suelos muy buenos que necesitan la incorporación de residuos orgánicos, Abonos y estiércoles muy

buenos que necesitan la incorporación de residuos orgánicos, Abonos y estiércoles.

### **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda la aplicación de abonos verdes y estiércoles para aumentar así el porcentaje de materia orgánica, después de cada cosecha puesto que la pérdida gradual significaría un descenso en la producción y fertilidad del suelo así como una degradación progresiva del suelo.
- Realizar un plan de rotación de cultivos desde el punto de vista de conservación del suelo, haciéndose una adecuación de cultivos y su distribución para lograr una recuperación y aumento de la materia orgánica, favoreciendo a mayor contenido de nutrientes, una macroporosidad adecuada y una mayor retención de nutrientes y absorción de agua, sobre todo en la terraza baja aluvial.
- Aspecto importante a considerar es el efecto que causa el incremento del alto contenido de fosforo y la relación con el pH, se sugiere desarrollar un trabajo de investigación que permita investigar este fenómeno.
- Realizar estudios enfocados en el proceso de degradación de los suelos de la comunidad de San Mateo aptitud y tipos de utilización de la tierra.
- Es importante realizar un estudio con fines de riego para complementar las investigaciones realizadas.